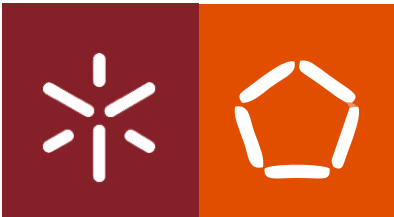




João Filipe Oliveira Cerqueira

**Estratégias para Melhorar a Qualidade da
Cerveja Artesanal – Análise de Pontos
Críticos**



Universidade do Minho
Escola de Engenharia



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

João Filipe Oliveira Cerqueira

Estratégias para Melhorar a Qualidade da Cerveja Artesanal – Análise de Pontos Críticos

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Integrado em Engenharia Biológica

Ramo Tecnologia Química e Alimentar

Trabalho efetuado sob a orientação da

Professora Doutora: **Lucília Domingues** e dos

Engenheiros: **Filipe Macieira** e **Francisco Pereira**

Outubro de 2016

Agradecimentos

Congratular a Universidade do Minho, a Escola de Engenharia, o Departamento de Engenharia Biológica e a todos os professores, que ao longo do meu trajeto académico, ajudaram e possibilitaram as melhores condições, para alcançar todos os objetivos e realizar a graduação académica com sucesso.

À Associação Académica da Universidade do Minho, por defender sempre os interesses dos alunos, ajudar no seu percurso académico e entrada no mercado de trabalho. Pelo excelente espírito de trabalho, durante o período em que estive integrado, e pelos valores, profissionais e pessoais, que me foram transmitidos.

À minha orientadora, Professora Doutora Lucília Domingues, agradeço toda a ajuda e confiança depositada para a realização deste trabalho.

Aos Engenheiros Filipe Macieira e Francisco Pereira, meus coorientadores na empresa FermentUM, agradeço toda a ajuda, coordenação, acompanhamento científico, cedência de material durante o desenvolvimento deste trabalho e pelo ambiente agradável no meio empresarial.

Agradecer ao Tito Santos e ao João Durães, juizes reconhecidos pelo BJCP e editores da plataforma *Cerveja Magazine*, pelo apoio científico e disponibilidade para realizarem a análise sensorial das cervejas em estudo

Ao Engenheiro António Sousa, Luís, Catarina, Margarida e Jorge, colegas de trabalho, a quem eu agradeço o ótimo ambiente de trabalho que me proporcionaram ao longo destes meses.

A todos os meus amigos que sempre me acompanharam, ajudaram e apoiaram ao longo de todo o meu percurso académico. Aos meus familiares e à minha namorada Ana Isabel Barbosa, o meu agradecimento especial, por todo apoio, ajuda e carinho proporcionado ao longo de toda a minha vida.

Resumo

A cerveja apresenta-se como a terceira bebida mais consumida no mundo, segundo dados reunidos pela associação *The Brewers of Europe*, Portugal encontra-se em 13º lugar, entre os 29 países produtores europeus. A cerveja artesanal produz-se a partir de matéria-prima 100 % natural, não sendo adicionados quaisquer tipos de conservantes ou corantes o que se traduz numa cerveja com maior intensidade e perceção ao nível organolético, característica muito apreciada pelos consumidores. Contudo, esta apresenta um tempo de prateleira reduzido, entre 4 a 6 meses, para cervejas com relativamente baixo teor alcoólico. Deste modo, este trabalho tem por objetivo identificar pontos críticos durante os processos de enchimento e armazenagem de cerveja artesanal, que influenciem a estabilidade e qualidade do produto ao longo do tempo de prateleira.

Através da realização deste trabalho, conclui-se que a temperatura de armazenamento tem efeito no °Brix, pH, percentagem de oxigénio dissolvido na cerveja, velocidade de degradação e consequente estabilidade da cerveja e suas características organoléticas, em ambos os estilos de cerveja analisados (*Weiss* e *India Pale Ale*), sendo que, o armazenamento a 4 °C teve uma influência positiva. Chegou-se à conclusão de que o processo de pasteurização foi eficiente, para os dois tipos de cerveja, sendo mais evidente no estilo *Weiss*. Quanto ao processo de refermentação em garrafa, observou-se que este pode ter influência na qualidade da cerveja, uma vez que, promove a reassimilação do oxigénio (O₂) presente na garrafa pela levedura, alterando sensorial e físico-quimicamente a cerveja. Por fim, verificou-se que o processo de dupla pré-evacuação com dióxido de carbono, em alguns casos, não foi eficiente, uma vez que, para os dois estilos de cerveja, registou-se uma percentagem de O₂ dissolvido na ordem dos 16,40 % (15,05 % de O₂ acima do referido na literatura). Em suma, e segundo o painel reconhecido pelo *BJCP*, a cerveja do estilo *India Pale Ale* mostrou-se mais estável durante o período de prateleira (tempo de prateleira superior a 126 dias, podendo ser pasteurizada ou apenas armazenada a 4 °C), apresentando alterações mínimas nas variáveis estudadas.

Palavras-chave: Cerveja artesanal; características organoléticas e físico-químicas; painel treinado; qualidade da cerveja; tempo de prateleira.

Abstract

Beer today is among the third most consumed beverage in the world, according to The Brewers of Europe association. Portugal is in the 13th place, among the other 29 European countries that produce beer. Craft beer, on the other hand, is made with 100 % natural products, without any kind of artificial colouring or preservatives which results in a beer with greater intensity and perception of the sensory level, features much appreciated by consumers. However, this presents a very limited shelf life, between 4 and 6 months for beers with a relatively low alcohol content. With this said, the objective of this work is to identify the critical points in the process of producing craft beer that influences the stability and quality of the product when stored.

By doing this study, we conclude that the store temperature influences °Brix pH, percentage of oxygen dissolved in beer, degradation speed and subsequent stability of the beer and its organoleptic characteristics, in both styles of beer analysed (Weiss and India Pale Ale), being that, the storage at 4 °C had a positive influence. It has been found that the pasteurization process was effective for both types of beer, being more evident in the Weiss style. As of the process of fermentation in the bottle, it was observed that this may influence the quality of beer, since it promotes the reassimilation of oxygen (O₂) present in the bottle by yeast, changing the beer sensory and physic-chemically. Finally, it was verified that the process of double pre-evacuation with carbon dioxide, in some cases, wasn't enough, since, for the two beer styles, there was a percentage of dissolved O₂ in the order of 16,40 % (15,05 % O₂ above that referred in the literature). In short, and according the panel known as BJCP, the beer of the style India Pale Ale was more stable during the shelf time (shelf time higher than 126 days, and may be pasteurized or just stored at 4 °C), showing minimal changes in the variables studied.

Keywords: Craft beer; organoleptic and physic-chemical characteristics; trained panel; beer quality; shelf time.

Índice

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xxi
1. Introdução	1
1.1 Processo cervejeiro	5
1.1.1. Maltagem	5
1.1.2. Produção do mosto.....	9
1.1.3. Processo fermentativo	16
1.1.4. Processamentos finais	23
1.2 Fatores que influenciam a estabilidade da cerveja artesanal ao longo do tempo	25
1.2.1. Temperatura de armazenamento	26
1.2.2. Refermentação em garrafa.....	27
1.2.3. Pré-evacuação no enchimento	27
1.2.4. Pasteurização	29
1.2.5. Higienização das linhas de enchimento e embalagem (<i>Cleaning-in-Place</i>)	30
1.3 Gestão do risco	31
1.3.1. Enquadramento HACCP.....	31
1.4 Programa de Certificação de Juizes de Cerveja (BJCP)	32
2. Objetivos do trabalho	35
2.1 Objetivos específicos	35
3. Enquadramento do trabalho na empresa	37
3.1 Sobre a empresa – FermentUM	37
3.2 “LETRA – Cerveja Artesanal Minhota”	38
3.3 Trabalho auxiliar ao projeto	39
4. Planificação experimental	41
4.1 Materiais	42
4.2 Método para atingir as Unidades de Pasteurização (UP)	43
4.3 Métodos de análise físico-química	44
4.3.1 Análise do °Brix.....	44
4.3.2 Análise do pH	44
4.3.3 Velocidade degradação da espuma	45

4.3.4	Análise do oxigénio dissolvido	46
4.4	Métodos de análise sensorial	47
4.4.1	Painel de provadores	48
4.4.2	Procedimento e parâmetros sensoriais.....	48
5.	Exposição e discussão de resultados	51
5.1	°Brix	51
5.1.1	<i>Weiss</i>	51
5.1.2	<i>India Pale Ale</i>	53
5.2	pH	55
5.2.1	<i>Weiss</i>	55
5.2.2	<i>India Pale Ale</i>	57
5.3	Oxigénio dissolvido	59
5.3.1	<i>Weiss</i>	59
5.3.2	<i>India Pale Ale</i>	61
5.4	Estabilidade da espuma	64
5.4.1	Velocidade de degradação da espuma	65
5.4.1.1	<i>Weiss</i>	65
5.4.1.2	<i>India Pale Ale</i>	67
5.5	Parâmetros sensoriais (organoléticos)	69
5.5.1	Aroma	69
5.5.2	Aparência	72
5.5.3	Sabor	74
5.5.4	Sensações na boca.....	76
5.5.5	Impressões gerais.....	78
5.5.6	Cotação global.....	82
6.	Conclusões e Perspetivas de trabalho	85
	Bibliografia	91
	Webgrafia	95
	Anexos	97
	Anexo A	98
	Anexo B	110

Índice de Figuras

Figura 1 Esquema representativo dos alguns estilos de cerveja, de acordo com o tipo de fermentação: Ale ou Lager (Adaptado de microbrewery.wordpress.com/tag/beer-types-2/).	2
Figura 2 Esquema ilustrativo do processo de produção da cerveja artesanal. (Adaptado de Bubacz et al., 2013).	6
Figura 3 Representação e identificação dos diferentes tipos de maltes especiais (Adaptado de Brejada, 2014).	8
Figura 4 Diagrama de um tanque de brassagem (Bamforth, 2003).	11
Figura 5 Diagrama de um tanque (lauter tun) (Bamforth, 2003).	12
Figura 6 a) Plantação de lúpulo; b) Flor de lúpulo; c) Lúpulo sobre a forma de pellet.	14
Figura 7 Movimentação do mosto e das partículas sólidas no Whirlpool, depositando o trub no centro do tanque, formando uma pirâmide (Matos, 2011).	15
Figura 8 Representação transversal da célula de levedura e seus organelos constituintes (Esslinger, 2009).	17
Figura 9 Diagrama de um fermentador cilindro cônico (Bamforth, 2003).	20
Figura 10 Representação gráfica dos perfis de pH, densidade do mosto, etanol, CO ₂ e células em suspensão no decorrer da fermentação (Priest, F.G. et al., 2006).	21
Figura 11 Representação gráfica do consumo de açúcares fermentescíveis durante o processo fermentativo (Priest, F.G. et al., 2006).	21
Figura 12 Representação das etapas de enchimento (Esslinger, 2009).	24
Figura 13 Representação gráfica do tempo esperado para a deterioração vs. temperatura de armazenamento da cerveja (adaptado de (Beer, n.d.))	26
Figura 14 Reações redox que dão origem a compostos que conferem sabores e alterações indesejáveis à cerveja (Esslinger, 2009).	29
Figura 15 Cerveja artesanal LETRA.	38
Figura 16 Mecanismo utilizado para realização da pasteurização das respectivas amostras, referentes ao estilo de cerveja Weiss e India Pale Ale.	43
Figura 17 Refratômetro digital.	44
Figura 18 Aparelho de medição do pH.	45
Figura 19 Aparelho de medição da velocidade de degradação da espuma de cerveja (FA).	46

Figura 20 Sistema para medição de oxigénio dissolvido nas garrafas de cerveja.	47
Figura 21 Folha de prova - Beer Scoresheet (Beer Judge Certification Program).	49
Figura 22 Representação gráfica da variação do °Brix, referente às amostras de cerveja do estilo Weiss armazenadas a 4°C e a 37°C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.	52
Figura 23 Representação gráfica da variação do °Brix, referente às amostras de cerveja do estilo India Pale Ale armazenadas a 4°C e a 37°C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.	54
Figura 24 Representação gráfica da variação do pH, referente às amostras de cerveja do estilo Weiss armazenadas a 4°C e 37°C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.	56
Figura 25 Representação gráfica da variação do pH, referente às amostras de cerveja do estilo India Pale Ale armazenadas a 4°C e 37°C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.	57
Figura 26 Placas YPD inoculadas com cerveja artesanal pasteurizada a diferentes UP e respetiva contaminação microbiológica. Na da esquerda as UP utilizadas foram 6, a do meio UP=12 e a da direita UP=18.	59
Figura 27 Representação gráfica da variação do oxigénio dissolvido, referente às amostras de cerveja do estilo Weiss armazenadas a 4°C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.	60
Figura 28 Representação gráfica da variação do oxigénio dissolvido, referente às amostras de cerveja do estilo Weiss armazenadas a 37°C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.	60
Figura 29 Representação gráfica da variação do oxigénio dissolvido, referente às amostras de cerveja do estilo India Pale Ale armazenadas a 4°C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.	61
Figura 30 Representação gráfica da variação do oxigénio dissolvido, referente às amostras de cerveja do estilo India Pale Ale armazenadas a 37°C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.	62
Figura 31 Representação gráfica da velocidade de degradação da espuma, referente às amostras de cerveja do estilo Weiss armazenadas a 4°C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.	65
Figura 32 Representação gráfica da velocidade de degradação da espuma, referente às amostras de cerveja do estilo Weiss armazenadas a 37°C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.	66
Figura 33 Representação gráfica da velocidade de degradação da espuma, referente às amostras de cerveja do estilo India Pale Ale armazenadas a 4°C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.	67

Figura 34 Representação gráfica da velocidade de degradação da espuma, referente às amostras de cerveja do estilo India Pale Ale armazenadas a 37°C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.	67
Figura 35 Aparelho de medição da estabilidade da espuma (FA).....	68
Figura 36 Representação gráfica do aroma, referente às amostras de cerveja do estilo Weiss armazenadas a 4 °C e 37°C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.....	70
Figura 37 Representação gráfica do aroma, referente às amostras de cerveja do estilo India Pale Ale armazenadas a 4 °C e 37°C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.....	71
Figura 38 Representação gráfica da aparência da cerveja, referente às amostras do estilo Weiss armazenadas a 4 °C e 37°C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.....	72
Figura 39 Representação gráfica da aparência da cerveja, referente às amostras do estilo India Pale Ale armazenadas a 4 °C e 37°C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.	73
Figura 40 a) Apresentação da cor cobre avermelhado escura da cerveja artesanal do estilo India Pale Ale, armazenada numa sala quente (37°C). b) Apresentação da cor original da cerveja artesanal do estilo India Pale Ale.....	74
Figura 41 Representação gráfica do sabor, referente às amostras de cerveja do estilo Weiss armazenadas a 4 °C e 37°C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.....	75
Figura 42 Representação gráfica do sabor, referente às amostras de cerveja do estilo India Pale Ale armazenadas a 4 °C e 37°C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.....	76
Figura 43 Representação gráfica das sensações na boca, levadas a cabo pela cerveja do estilo Weiss, sendo estas amostras armazenadas a 4 °C e 37°C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.	77
Figura 44 Representação gráfica das sensações na boca, levadas a cabo pela cerveja do estilo India Pale Ale, sendo estas amostras armazenadas a 4 °C e 37°C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.	78
Figura 45 Representação gráfica das impressões gerais, levadas a cabo pela cerveja do estilo Weiss, sendo estas amostras armazenadas a 4 °C e 37°C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.	78
Figura 46 Representação gráfica das impressões gerais, levadas a cabo pela cerveja do estilo India Pale Ale, sendo estas amostras armazenadas a 4 °C e 37°C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.	79

Figura 47 a) Representação gráfica dos parâmetros sensoriais, relativos às amostras de cerveja do tipo Weiss armazenadas a 4°C (gráfico da esquerda), para diferentes variáveis e referentes ao tempo inicial. b) Representação gráfica dos parâmetros sensoriais, relativos às amostras de cerveja do tipo Weiss armazenadas a 37°C (gráfico da direita), para diferentes variáveis e referentes ao tempo inicial.	80
Figura 48 a) Representação gráfica dos parâmetros sensoriais, relativos às amostras de cerveja do tipo Weiss armazenadas a 4°C (gráfico da esquerda), para diferentes variáveis e referentes ao tempo final. b) Representação gráfica dos parâmetros sensoriais, relativos às amostras de cerveja do tipo Weiss armazenadas a 37°C (gráfico da direita), para diferentes variáveis e referentes ao tempo final.	81
Figura 49 a) Representação gráfica dos parâmetros sensoriais, relativos às amostras de cerveja do tipo India Pale Ale armazenadas a 4°C (gráfico da esquerda), para diferentes variáveis e referentes ao tempo inicial. b) Representação gráfica dos parâmetros sensoriais, relativos às amostras de cerveja do tipo Weiss armazenadas a 37°C (gráfico da direita), para diferentes variáveis e referentes ao tempo inicial.	81
Figura 50 a) Representação gráfica dos parâmetros sensoriais, relativos às amostras de cerveja do tipo India Pale Ale armazenadas a 4°C (gráfico da esquerda), para diferentes variáveis e referentes ao tempo final. b) Representação gráfica dos parâmetros sensoriais, relativos às amostras de cerveja do tipo Weiss armazenadas a 37°C (gráfico da direita), para diferentes variáveis e referentes ao tempo final.	82
Figura 51 Representação gráfica da cotação global, referente às amostras de cerveja do estilo Weiss, armazenadas a diferentes temperaturas e para diferentes variáveis ao longo do tempo.	83
Figura 52 Representação gráfica da cotação global, referente às amostras de cerveja do estilo India Pale Ale, armazenadas a diferentes temperaturas e para diferentes variáveis ao longo do tempo.	84

Índice de Tabelas

Tabela 1- Composição química do lúpulo (Adaptado de: Esslinger, 2009).....	13
Tabela 2- Número total de garrafas e respetivos litros a engarrafar, para cada a <i>Weiss</i> e <i>India Pale Ale</i> , tendo em conta as variáveis em estudo.....	42
Tabela A.1 Resultados obtidos relativos à análise química das amostras de cerveja artesanal do estilo <i>Weiss</i> , armazenadas a 4°C, para a variável pasteurização ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado.....	98
Tabela A.2 Resultados obtidos relativos à análise química das amostras de cerveja artesanal do estilo <i>Weiss</i> , armazenadas a 37°C, para a variável pasteurização ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado.....	99
Tabela A.3 Resultados obtidos relativos à análise química das amostras de cerveja artesanal do estilo <i>Weiss</i> , armazenadas a 4°C, para a variável dupla pré-evacuação ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado.....	100
Tabela A.4 Resultados obtidos relativos à análise química das amostras de cerveja artesanal do estilo <i>Weiss</i> , armazenadas a 37°C, para a variável dupla pré-evacuação ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado.....	101
Tabela A.5 Resultados obtidos relativos à análise química das amostras de cerveja artesanal do estilo <i>Weiss</i> , armazenadas a 4°C, para a variável refermentação ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado.....	102
Tabela A. 6 Resultados obtidos relativos à análise química das amostras de cerveja artesanal do estilo <i>Weiss</i> , armazenadas a 37°C, para a variável refermentação ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado.....	103

Tabela A. 7 Resultados obtidos relativos à análise química das amostras de cerveja artesanal do estilo *India Pale Ale*, armazenadas a 4°C, para a variável pasteurização ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado.....104

Tabela A. 8 Resultados obtidos relativos à análise química das amostras de cerveja artesanal do estilo *India Pale Ale*, armazenadas a 37°C, para a variável pasteurização ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado.....105

Tabela A. 9 Resultados obtidos relativos à análise química das amostras de cerveja artesanal do estilo *India Pale Ale*, armazenadas a 4°C, para a variável dupla pré-evacuação ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado.....106

Tabela A. 10 Resultados obtidos relativos à análise química das amostras de cerveja artesanal do estilo *India Pale Ale*, armazenadas a 37°C, para a variável dupla pré-evacuação ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado.....107

Tabela A. 11 Resultados obtidos relativos à análise química das amostras de cerveja artesanal do estilo *India Pale Ale*, armazenadas a 4°C, para a variável refermentação ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado.....108

Tabela A. 12 Resultados obtidos relativos à análise química das amostras de cerveja artesanal do estilo *India Pale Ale*, armazenadas a 37°C, para a variável refermentação ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado.....109

Tabela B. 13 Resultados obtidos relativos à análise sensorial das amostras de cerveja artesanal do estilo *Weiss*, armazenadas a 4°C, para a variável pasteurização ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado.....110

Tabela B. 14 Resultados obtidos relativos à análise sensorial das amostras de cerveja artesanal do estilo <i>Weiss</i> , armazenadas a 37°C, para a variável pasteurização ao longo do tempo, bem como a	respetiva	média	e	erro	
associado.....					111

Tabela B. 15 Resultados obtidos relativos à análise sensorial das amostras de cerveja artesanal do estilo <i>Weiss</i> , armazenadas a 4°C, para a variável dupla pré-evacuação ao longo do tempo, bem como	a	respetiva	média	e	erro	
associado.....						112

Tabela B. 16 Resultados obtidos relativos à análise sensorial das amostras de cerveja artesanal do estilo <i>Weiss</i> , armazenadas a 37°C, para a variável dupla pré-evacuação ao longo do tempo, bem	como	a	respetiva	média	e	erro	
associado.....							113

Tabela B. 17 Resultados obtidos relativos à análise sensorial das amostras de cerveja artesanal do estilo <i>India Pale Ale</i> , armazenadas a 4°C, para a variável pasteurização ao longo do tempo, bem	como	a	respetiva	média	e	erro	
associado.....							114

Tabela B. 18 Resultados obtidos relativos à análise sensorial das amostras de cerveja artesanal do estilo <i>India Pale Ale</i> , armazenadas a 37°C, para a variável pasteurização ao longo do tempo, bem	como	a	respetiva	média	e	erro	
associado.....							115

Tabela B. 19 Resultados obtidos relativos à análise sensorial das amostras de cerveja artesanal do estilo <i>India Pale Ale</i> , armazenadas a 4°C, para a variável dupla pré-evacuação ao longo do tempo, bem	como	a	respetiva	média	e	erro	
associado.....							116

Tabela B. 20 Resultados obtidos relativos à análise sensorial das amostras de cerveja artesanal do estilo <i>India Pale Ale</i> , armazenadas a 37°C, para a variável dupla pré-evacuação ao longo do tempo, bem	como	a	respetiva	média	e	erro	
associado.....							117

Tabela B. 21 Representação da variação dos valores médios e consequente valor normalizado dos parâmetros sensoriais, referente à cerveja artesanal do estilo *Weiss* armazenada a 4°C, para as duas variáveis em estudo ao longo do tempo de experiência.....118

Tabela B. 22 Representação da variação dos valores médios e consequente valor normalizado dos parâmetros sensoriais, referente à cerveja artesanal do estilo *Weiss* armazenada a 37°C, para as duas variáveis em estudo ao longo do tempo de experiência.....119

Tabela B. 23 Representação da variação dos valores médios e consequente valor normalizado dos parâmetros sensoriais, referente à cerveja artesanal do estilo *India Pale Ale* armazenada a 4°C, para as duas variáveis em estudo ao longo do tempo de experiência.....120

Tabela B. 24 Representação da variação dos valores médios e consequente valor normalizado dos parâmetros sensoriais, referente à cerveja artesanal do estilo *India Pale Ale* armazenada a 37°C, para as duas variáveis em estudo ao longo do tempo de experiência.....121

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

a.C. - Antes de Cristo

BJCP - *Beer Judge Certification Program*

CEB - *Centre of Biological Engineering*

CAC - *Codex Alimentarius*

$C_6H_{12}O_6$ – Glucose

C_2H_5OH – Etanol

DMS - Dimetil Sulfeto

FA - *Foam Analyzer*

HACCP - *Hazard Analysis Critical Control Point*

IPA - *India Pale Ale*

PCC's - Pontos Críticos de Controlo

PPVP - Polivinilpirrolidona

O_2 - Oxigénio

CO_2 - Dióxido de carbono

H_2CO_3 - Ácido carbónico

1. Introdução

A palavra Cerveja ou *beer*, tem origem no latim – “bibere” que significa beber (Oetterer, 2004). Estima-se que o Homem iniciou a produção de bebidas fermentadas há trinta mil anos, e a cerveja terá surgido em 8000 A.C. na Palestina (Rebello, 2009). Esta era conhecida por povos antigos como os sumérios, egípcios e os ibéricos. Também na China há registos de cerveja feita à base de cevada, trigo, milho e arroz (Esslinger, 2009). Foi na Idade Média, século XIII, que os mosteiros de toda a Europa Central fabricavam a cerveja e quando os cervejeiros germânicos iniciaram a aplicação de lúpulo, conferindo-lhe as características básicas da bebida atual. Em 1516, foi implementada na Alemanha a lei de pureza da cerveja (*Reinheitsgebot*), onde estabelece que, esta bebida deve ser produzida exclusivamente com malte, lúpulo e água, sem qualquer aditivo. A cerveja *Porter* foi das primeiras cervejas industriais a ser produzida, mais concretamente em 1722, na Ralph Harwood’s Bell Brewhouse, Londres (Priest, 2006).

Depois da água e do chá, a cerveja é a terceira bebida mais consumido no mundo e a primeira, no que toca às bebidas alcoólicas. Cerca de 93 % da cerveja é água, podendo ser considerada um refrescante agradável e com teor alcoólico relativamente baixo (Mignani *et al.*, 2013).

A cerveja é uma bebida alcoólica obtida a partir do processo fermentativo do mosto cervejeiro, proveniente do malte e água potável, por ação de leveduras, com adição de lúpulo. É das primeiras bebidas alcoólicas a serem produzidas pelo Homem, sendo que, como produto final, contém etanol, dióxido de carbono (CO₂), extratos aromáticos, entre outros (Hornsey, 1999).

Segundo Briggs *et al.* (2004), as cervejas podem ser classificadas em dois tipos: a cerveja de fermentação baixa ou *lager*, por ação da levedura *Saccharomyces calshbergensis* a baixas temperaturas (9 °C - 13 °C) conferindo-lhe sabores e aromas mais leves e cerveja de fermentação alta ou *ales*, são confeccionadas com recurso a estirpes de leveduras como a *Saccharomyces cerevisiae* fermentadas a temperaturas mais elevadas (17 °C - 25 °C) (Rebello, 2009). Conforme

o esquema da Figura 1 é possível verificar a diferença dos estilos de cerveja associados às *ale* e *lager* (Matos, 2011).

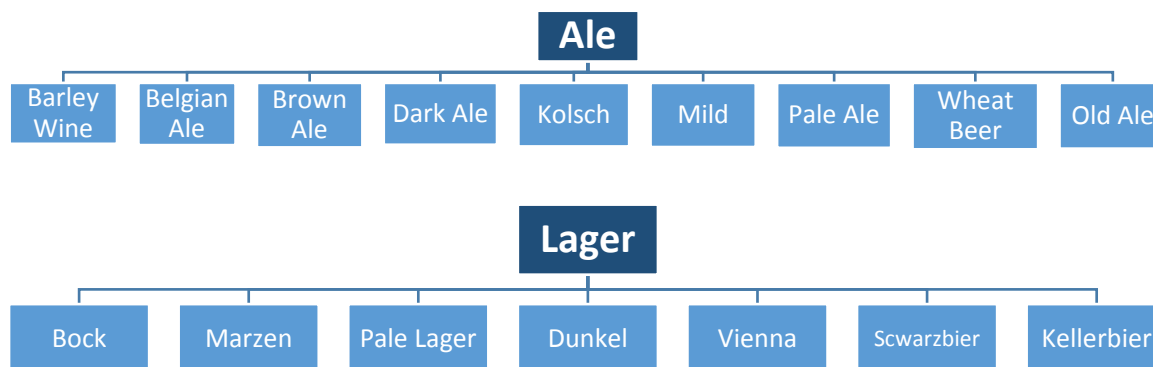


Figura 1 Esquema representativo dos alguns estilos de cerveja, de acordo com o tipo de fermentação: Ale ou Lager (Adaptado de microbrewery.wordpress.com/tag/beer-types-2/).

No entanto, a cerveja apresenta teor alcoólico variado, assim como sabores e composições, conforme a região onde é produzida, a matéria-prima utilizada e o tipo de processo cervejeiro aplicado. Além disso, a criatividade e desejo em oferecer algo diferenciador ao consumidor, tem contribuído para o crescimento de diferentes estilos. Existem especificações para um número estimado de 152 estilos de cerveja diferentes e um agrupamento de 40 000 marcas diferentes de cerveja no mercado europeu (The Brewers of Europe, 2016; Brewers Association, 2016).

O facto da cerveja estar, tanto tempo, ao lado do ser humano, faz com que haja grande aceitação da bebida entre a população atual. Trata-se, acima de tudo, de uma questão cultural (Matos, 2011). Está comprovado, por estudos científicos, que a cerveja traz benefícios para saúde, quando consumida com moderação, tais como: ajuda a emagrecer, redução de problemas cardiovasculares, de osteoporose e a diabetes. A cerveja contém lúpulo, conferindo um aroma acre e sabor amargo/refrescante, em quantidade suficiente para ser considerada uma fonte dietética. Esta tem ainda propriedades anticancerígenas e antioxidantes (Mignani *et al.*, 2013; Part & Lifestyle, 2016).

O cientista francês, Louis Pasteur, realizou estudos sobre a fermentação e a conservação de alimentos, dando origem a melhorias na qualidade da bebida, graças à esterilização de materiais, o trabalho a vácuo e ao processo de pasteurização (Hornsey & Britain, 1999). No fim do século XX, era possível fabricar cerveja com segurança microbiológica e com atributos sensoriais característicos. Desta forma, permitiu aumentar o período de prateleira, podendo

expandir assim sua comercialização. No século XIX, só na Bélgica existiam mais de 3200 cervejeiras (Rebello, 2009).

A nível mundial, em 2014, a China foi o maior produtor de cerveja, chegando mesmo a produzir cerca de 49 219 milhões de litros, seguindo-se os Estados Unidos com 22 595 milhões de litros e o Brasil, com uma produção de 14 046 milhões de litros. Através dos dados fornecidos, verificou-se que, globalmente, em 2013 foram produzidos cerca de 197 208 milhões de litros e em 2014 produziram-se 196 024 milhões de litros de cerveja. Deste modo, em 2014, houve um decréscimo de 0,6 %, comparativamente ao ano anterior(The Barth-Haas Group, 2015).

Tendo em conta os dados reunidos pela associação *The Brewers of Europe*, em 2014, a União Europeia produziu cerca de 38 400 milhões de litros e consumiu cerca de 35 300 milhões litros. O estudo diz que, em 2014, Portugal ocupava o 13º lugar, entre os 29 países produtores europeus, apresentando uma produção total de cerveja de 729 milhões de litros, dos quais, 249,4 milhões de litros (34,2 % da produção total de cerveja no país) são exportados e 476,4 milhões de litros são consumidos, o que faz de Portugal, o 10º maior país exportador de cerveja da Europa. Em Portugal, o consumo anual *per capita*, em 2014, foi de 46 L. Pode-se ainda verificar que, o setor cervejeiro é extremamente importante para a economia nacional, nomeadamente, para o setor da restauração, *marketing* e agricultura. Atualmente têm surgido em Portugal novas marcas de cerveja, nomeadamente cerveja artesanal, com estilos variados, oferecendo ao consumidor um produto mais intenso sensorialmente.

A nível mundial, a produção de cerveja artesanal tem crescido. Na sua maioria, esta é obtida a partir de receitas originárias de países como a Alemanha, a Inglaterra e a Bélgica, sendo o processo de fabrico relativamente lento e com uma produção em pequena escala. Atualmente, os Estados Unidos são os maiores produtores de cerveja artesanal do mundo, segundo dados da associação de cervejeiro norte americana – *Brewers Association* (Brewers Association, 2016). Em Portugal, a procura de cerveja artesanal tem aumentado consideravelmente, perspetivando-se a sua afirmação e expansão no mercado de bebidas alcoólicas nos próximos cinco anos.

O fabrico da cerveja artesanal difere da produção da cerveja industrial, pelo facto de utilizar cereais 100% malte e lúpulo natural, originando diferentes tipos de cervejas, contendo sabores distintos. Uma parte da cerveja industrial (cervejas do estilo *pale lager*) utiliza aditivos, cereais não maltados, gomas de amido e extratos de glucose. Desta forma, não permite a formação de algumas das características mais apreciáveis na cerveja, deixando-a mais pobre em sabores,

aromas, cor, espuma, entre outras. Os produtores de cerveja comercial recorrem a extratos de lúpulo, em substituição ao lúpulo em flor, por serem economicamente mais atrativos, de fácil aplicação e pelo facto de terem maior tempo de prateleira. Consequentemente, o recurso a extratos de lúpulo, faz com que, a cerveja industrial, seja privada de determinadas características que só a flor de lúpulo lhe pode conferir. Deste modo, as cervejas artesanais têm um preço superior, comparativamente com as cervejas industriais (Giovenzana *et al*, 2014).

Algumas cervejas artesanais não são filtradas e/ou pasteurizadas, fazendo com que um número reduzido de leveduras “vivas” fiquem suspensas na cerveja, garantindo a sua composição físico-química e, consequentemente, as suas características sensoriais permaneçam inalteradas. Deste modo, as cervejas de carácter artesanal apresentam um menor período de prateleira, 4 a 8 meses, tendo em conta o teor de álcool e quantidade de lúpulo utilizado no seu fabrico (Giovenzana *et al*, 2014). Atualmente o desafio da cerveja artesanal é de implementar estratégias de produção que lhes permitam que a cerveja se mantenha com suas propriedades sensoriais durante mais tempo. Técnicas de filtração, centrifugação e, em alguns casos, a pasteurização, estão a ser implementadas com sucesso (Beer, 2014; Ward, 2011).

As empresas produtoras de cerveja industrial dão relevância à produção em grandes quantidades e a um preço acessível a toda a classe social, deixando para segundo plano qualidades ou características da mesma. Por norma, estas empresas dominam o setor, devido ao elevado capital, ao alto investimento em marketing e por estarem numa boa posição no mercado cervejeiro. No entanto, a produção de cerveja artesanal é mais local e regional, ou seja, está centrada para mercados mais específicos ou para um nicho de mercado (produzindo vários tipos de cervejas), encontrando-se em pleno crescimento. Ao contrário da cerveja industrial, a artesanal é obtida a partir de ingredientes (água, malte e lúpulo) de alta qualidade e sem recorrer a conservantes e estabilizantes. Desta forma, estas empresas vendem em menores quantidades e, geralmente, a preços mais elevados. No entanto, as cervejas marcam pela diferença devido à sua elevada qualidade sensorial. Este tipo de cerveja destina-se, maioritariamente, a consumidores com maior poder económico, atraindo novos apreciadores que procuram “novos sabores” e “experiências gustativas” (Matos, 2011).

1.1 Processo cervejeiro

Existem diversas variações que podem ser feitas ao longo do processo cervejeiro, com o objetivo de produzir diferentes tipos de cerveja. Este processo deve ser otimizado, de forma a garantir uma eficiência energética e uma produção de cerveja com boa qualidade. Este também pode ser considerado dinâmico e modificável, visto que, algumas etapas são opcionais (Linko *et al.*, 1998; Priest, *et al.*, 2006).

Como se pode verificar através da Figura 2, o processo de fabrico da cerveja encontra-se dividido em 4 etapas principais, sendo estas: a maltagem, a preparação do mosto, a fermentação (primária e secundária) e os processamentos finais. Normalmente, na produção de cerveja artesanal os cereais comprados já vêm maltados, desta forma, não se realiza a maltagem e, geralmente, não se recorre à filtração e/ou pasteurização (Linko, *et al.*, 1998; Matos, 2011; Mignani *et al.*, 2013).

1.1.1. Maltagem

O malte é a principal matéria-prima e fonte de açúcar para produção de cerveja em todo o mundo, esse açúcar é o amido. O malte é obtido através de cereais como a cevada ou trigo, ou outros cereais como centeio ou aveia. Mais de 90 % do malte é obtido a partir de cevada, que pertence à família da gramínea cerealífera (*Gramineae*), é cultivada em muitas partes do mundo, mas desenvolve-se melhor em climas temperados. Por sua vez, existem dois tipos principais de cevada: a de duas fileiras na espiga (mais recorrente, por incluir grãos maiores e mais uniformes que tem uma maior percentagem de amido na sua composição, dessa forma é mais rentável) e a de seis fileiras (Priest, *et al.*, 2006). Existem vários cereais passíveis de serem maltados (trigo, centeio, aveia), no entanto, para a produção de cerveja, recorre-se com maior frequência à cevada, porque é rica em amido, detém um alto teor proteico (quantidade suficiente para fornecer os aminoácidos necessários ao crescimento da levedura) e ter substâncias nitrogenadas (responsáveis na formação da espuma). Este cereal necessita de sofrer modificações físicas, químicas e biológicas para ser utilizado como matéria-prima nas cervejeiras, sendo adquiridas no processo de maltagem. Realiza-se este processo porque, após a colheita, a cevada não contém enzimas necessárias para a degradação do amido e, devido à dureza do grão, a moagem não é

eficiente (Matos, 2011). No entanto, recorre-se também a cereais não-maltados (milho ou arroz), pelo facto de o amido, obtido a partir do malte de cevada, ser escasso e por razões económicas. Além disso, os cereais não-maltados são também utilizados para alterar os sabores e aromas da cerveja. Podendo a adição de um ou mais destes cereais contribuir para a produção de diferentes tipos de cerveja (Briggs, 2004).

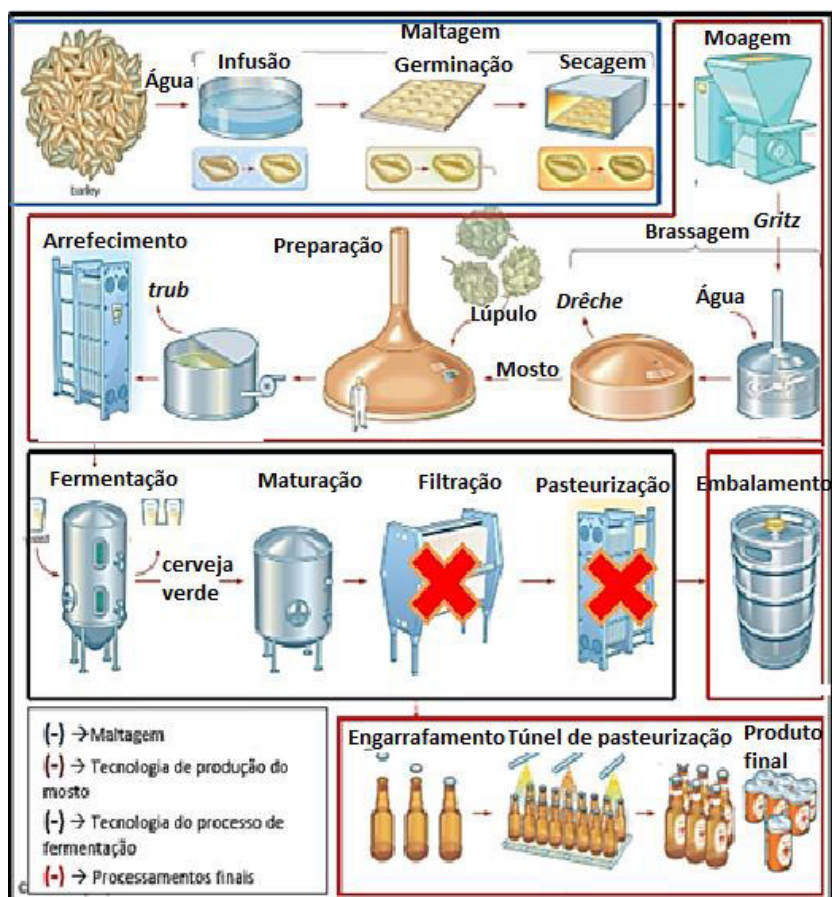


Figura 2 Esquema ilustrativo do processo de produção da cerveja artesanal (adaptado de Bubacz et al., 2013).

Pode-se mencionar o grão de malte como uma “pequena bomba” de enzimas (α -amilases, β -amilases, β -glucanases e proteases), suscetíveis de serem ativadas com o calor e com amido (Priest, F.G., et al., 2006). Para além de ceder açúcares que, devido à presença de leveduras, dão origem ao álcool da cerveja, o malte é uma das matérias-primas responsável pelo aroma, sabor, cor, entre outros atributos sensoriais da cerveja.

O processo de maltagem inicia-se com a hidratação dos grãos, para promover a germinação do grão de cevada que deve ocorrer em condições controladas de temperatura e humidade. A maltagem tem como objetivo degradar substâncias presentes nas paredes celulares, aumentando a permeabilidade; desenvolvimento de enzimas no interior do grão; obter novos compostos aromáticos; remover outros compostos prejudiciais (ex: sulfóxido de dimetilo); que o

grão obtenha uma determinada cor. Deste modo, o processo é dividido em quatro etapas, seguindo a respetiva ordem: limpeza e classificação, infusão, germinação e secagem (Esslinger, 2009; Esslinger e Narziss, 2005).

A **Limpeza e classificação** realiza-se por separadores ou máquinas, onde são removidas sementes, materiais estranhos, poeiras, entre outros resíduos. A classificação da cevada é efetuada conforme o tipo e tamanho da mesma. Caso o equipamento de secagem não esteja em funcionamento, a refrigeração pode ajudar a impedir a deterioração. Também é imprescindível o arejamento correto das instalações de germinação e remover o CO₂, para manter a capacidade germinativa e o local “saudável” (Esslinger e Narziss, 2005; Priest, *et al.*, 2006). Independentemente da existência de um sistema universal de classificação do malte, pode-se dividi-lo em dois grandes grupos: os maltes base e os especiais. A cor e o teor de humidade, dependentes da temperatura a que se processa a secagem, são alguns dos fatores utilizados na diferenciação do malte. Os maltes base (por exemplo, Château Pilsen, Château Pale Ale) são aqueles que tem maior poder enzimático, para transformar o amido em açúcares fermentescíveis. Os especiais (Figura 3) são adicionados à cerveja, contribuindo com características únicas, tais como: cor, aroma, proteínas (aumentam a estabilidade da espuma da cerveja), corpo ou sabor específicos. Dependendo do tipo de cerveja que se pretende obter, pode-se adicionar um, dois ou até mais tipos de maltes especiais (Priest, *et al.*, 2006; Esslinger e Narziss, 2005).

A **Infusão** ocorre em tanques de base cónica, onde é adicionada água potável com temperaturas entre os 12 °C e os 16 °C e oxigénio, permitindo o controlo da pressão e recirculação durante 48 horas. Este procedimento tem com função:

- Aumentar o índice de humidade do grão de $\pm 11 \%$ para $\pm 46 \%$, em dois dias;
- Lavar os grãos, remover inibidores de germinação e o material flutuante;
- Iniciar o processo de germinação e de desenvolvimento de ácido giberélico no embrião germinado.

Quando o teor de humidade ultrapassa os 30 % começa a germinação. Deste modo, a absorção de água tem de ser feita controlando a temperatura, o fornecimento de oxigénio, o tempo de vegetação e alternando períodos secos e molhados. Existem outros métodos de infusão, com o de lavagem e de *spray* (Esslinger e Narziss, 2005; Priest, *et al.*, 2006; Esslinger, 2009).

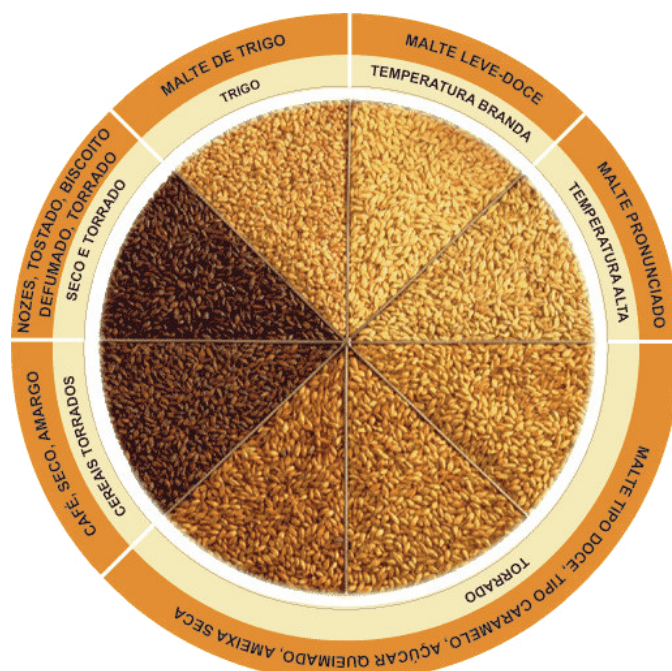


Figura 3 Representação e identificação dos diferentes tipos de maltes especiais (adaptado de Brejada, 2014).

A **Germinação** diz respeito a um processo fisiológico, na qual o embrião se desenvolve originando pequenas raízes. O grão permanece cinco a seis dias na câmara, com uma temperatura de 16 °C a 20 °C e com um teor de humidade entre 43 % a 46 %. O arejamento deve ser eficiente, garantindo uma respiração normal dos grãos e a remoção do CO₂ e calor que é constantemente produzido. Este processo permite o crescimento do embrião, durante a qual se produz o ácido giberélico e é transportado para a camada da aleurona que, por sua vez, estimula a produção de enzimas. Também tem com objetivos: a desagregação controlada das paredes celulares e de proteínas da matriz, o aumento de enzimas hidrolíticas e a modificação enzimática do endosperma. Contudo, a qualidade do malte utilizado no processo cervejeiro é fortemente influenciada pela combinação das técnicas de infusão e germinação (Esslinger e Narziss, 2005; Priest, F.G. *et al.*, 2006; Esslinger, 2009).

A **Secagem** do malte verde, com a finalidade de parar as transformações químicas e biológicas que surgem no decorrer da germinação e, consequente, inibição da atividade enzimática. A secagem é efetuada durante cerca de 18 horas, a uma temperatura de 50 °C a 80 °C. No início da desidratação, o malte verde tem um teor de humidade de 46 %, baixando para

3,5 % a 4 %, no caso do malte claro, e para 1,5 % a 2 %, em relação ao malte escuro ou torrado. Desta forma, obtém-se o malte “seco” pronto a ser armazenado, com a cor e aroma (compostos aromáticos como as melanoidinas, os furanos, os tiofenos e as pirazinas) específicos, transmitidos pelo malte verde (Esslinger e Narziss, 2005; Priest, *et al.*, 2006).

1.1.2. Produção do mosto

As substâncias como malte ou seus derivados devem ser moídos. Na formação do mosto cervejeiro estão envolvidas, sequencialmente, as seguintes etapas: moagem do malte, brassagem, filtração do mosto, aquecimento e separação do *trub* quente, arrefecimento do mosto e finalizando com a remoção do *trub* frio (Esslinger e Narziss, 2005).

Moagem do malte, processo é meramente físico, em que se introduz o malte num moinho que corta/danifica a casca do grão e promove a exposição do amido. Além disso, vai aumentar a área superficial de contacto, para que haja a ação das enzimas eficiente na etapa seguinte. O malte é esmagado entre rolos cilíndricos e não triturado, uma vez que, se recorre à casca do grão para filtrar o mosto, evitando danificar a mesma, visto que, contém taninos, substâncias coradas e compostos amargos, indesejáveis para a produção do mosto. Normalmente, a moagem do malte é realizada a seco, mas algumas unidades industriais humidificam primeiro o malte ou utilizam o malte em solução aquosa. O produto resultante desta etapa é denominado de *gritz* (Esslinger e Narziss, 2005).

O processo de **Brassagem** tem uma duração de 2 h a 4 h, sendo dos mais complexos, uma vez que, ocorrem vários procedimentos físicos e bioquímicos. Nesta etapa, os cervejeiros vão misturar o malte e os cereais não maltados com água quente, num tanque de brassagem (Figura 4) que, ao se hidratar, vai permitir a ativação das enzimas, transformando o amido dos grãos em açúcares fermentáveis. Devido ao efeito da temperatura, as enzimas contidas no malte moído dão início à hidrólise do amido e de compostos fenólicos. Consequentemente ocorre a transformação destes em maltose, compostos azotados (usados como nutrientes para as leveduras) e outros açúcares. Também possibilita a extração de substâncias benéficas ou não para a qualidade da cerveja, tais como: substâncias proteicas de alto peso molecular (responsáveis pela criação de espuma), taninos, vitaminas, entre outras. No entanto, todos os compostos formados neste processo, dependem do tipo de enzimas presentes no malte, da modificação das proteínas e das

condições de brassagem aplicadas (diferentes temperaturas favorecem a atividade de diferentes enzimas, aturando de formas diferentes sobre o amido, quebrando em diferentes tamanhos, consoante o número de carbonos presentes na cadeia de açúcares).

A água fornecida para a produção de cerveja é uma solução diluída, ou seja, contém vários sais minerais e pequenas quantidades de gases (Priest, *et al.*, 2006). A cerveja tem, geralmente, um conteúdo em água de 91 % a 98 %, sendo que, as quantidades perdidas por evaporação e com os subprodutos relativamente pequenas (Briggs, 2004). Desta forma, a água tem um papel crucial na qualidade do produto final, devendo ser de fonte natural, cristalina, sem sabor, inodora e pH ideal entre 6,8 e 8,0. Os fatores preponderantes são: a dureza (refere-se à quantidade de iões de cálcio e magnésio na água), alcalinidade (remete à presença de bicarbonatos) e o pH (influencia a mistura do malte e água) e as concentrações dos iões (deve-se ter em consideração a quando se avalia a água) (Matos, 2011; Priest, *et al.*, 2006; Esslinger, 2009). No processo cervejeiro, a água deve ser sujeita a tratamentos apropriados e composições diferentes, para as funções necessárias. Segundo Priest, *et al.* (2006) e Esslinger (2009), esta pode ser classificada, tendo em conta as diferentes funções, como:

- Água para produção: a água contribui como ingrediente para a obtenção de cerveja. É utilizada para a produção do mosto e uniformização do conteúdo em álcool. A água de ser potável e ter uma composição em sais minerais apropriada ao estilo de cerveja a produzir. Deve receber um tratamento ou ajuste, obtendo a composição correta.
- Água de processo: diz respeito à água utilizada para a higienização de cubas, fermentadores, máquinas de enchimento, bombas e tubagens (superfícies que entrem em contacto direto com a cerveja), esta deve ser potável e “amolecida”.
- Água para uso geral: água para a limpeza do local físico da unidade fabril, por norma, não necessitam de tratamento específico (água da companhia).
- Água de serviço: inclui a água desionizada para a alimentação da caldeira (para a formação de vapor de água).

Todavia, devido ao desenvolvimento tecnológico e aos estudos efetuados à composição química da água, é possível remover e adicionar sais minerais, melhorando a sua qualidade e obtendo cervejas de diversos estilos.

Esta etapa de brassagem inicia-se com o aquecimento (43 °C a 49 °C) da mistura, num período de 10 min. a 40 min., proporcionando a hidratação dos grãos moídos do malte e,

consequente, solubilização dos péptidos e açúcares. Em consequência da gama de temperaturas aplicada, há a libertação da enzima β -glucanase, contida no malte, que tem a responsabilidade de hidrolisar os β -glucanos (causam dificuldades na etapa de filtração, uma vez que, aumentam a viscosidade do mosto) (Esslinger e Narziss, 2005).

Por volta dos 50 °C, ocorre a hidrólise das hemiceluloses (amido), gomas e dos fosfatos em dextrinas e açúcares fermentáveis. Estes açúcares (dextrinas) são mais complexos e não são fermentados pelas leveduras, originando cervejas mais doces e encorpadas. Numa segunda fase do processo, a temperatura é elevada a uma faixa de 62 °C a 65 °C, durante 20 min. a 60 min. A estas temperaturas, ocorre a formação de açúcares, como maltose, que são totalmente fermentados pelas leveduras, resultando em cervejas mais “secas” (sem doçura). A enzima β -amilase, com uma temperatura ótima de atuação de 62°C , realiza a hidrólise do amido e das gomas. Por último, aumenta-se a temperatura até os 78 °C, provocando a desativação das enzimas. Todo o processo de brassagem deve ocorrer a um pH entre 5,4-5,6 (Esslinger e Narziss, 2005; Matos,2011; Priest, *et al.*, 2006).

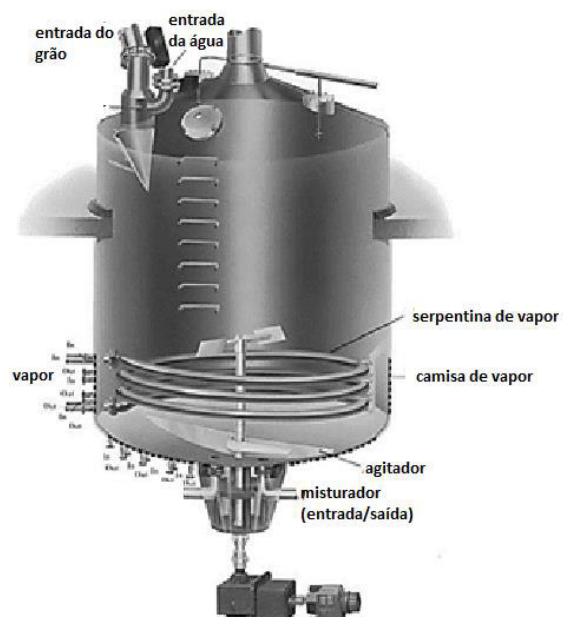


Figura 4 Diagrama de um tanque de brassagem (adaptado de Bamforth, 2003).

A **Filtração do mosto** consiste na separação das partículas insolúveis (*drêche*) da fase líquida doce. No entanto, este processo deve ser executado sem acarretar danos para o mosto, ou seja, sem modificar as características químicas e, consequentemente, sensoriais da cerveja.

Por outro lado, a separação dos sólidos do mosto, é essencial para garantir a qualidade da cerveja, visto que, os sólidos contêm quantidades significativas de proteínas e enzimas coaguladas, resquícios de amido não modificado, polifenóis, entre outras. Essas substâncias podem prejudicar as propriedades organoléticas (odor, sabor, viscosidade e a cor da cerveja), ou seja, a estabilidade e, conseqüente, qualidade da cerveja ao longo do período de prateleira (Bamforth, 2003; Matos, 2011).

Por norma, recorre-se a um tanque cilíndrico (*lauter tun*) (Figura 5) contendo braços rotativos em torno de um eixo central, auxiliam na filtração e conseqüente separação do mosto, e onde o escoamento/recuperação é efetuada através de tubos ou por fendas cravadas (Bamforth, 2003; Matos, 2011). No entanto, este processo pode ser realizado através de um filtro de prensa, associado à produção de cervejas industriais (Bamforth, 2003).

O *drêche* é rico em sais minerais, proteínas, celulose, açúcares, entre outros compostos. Com isso, é uma ótima fonte de nutrição para animais.

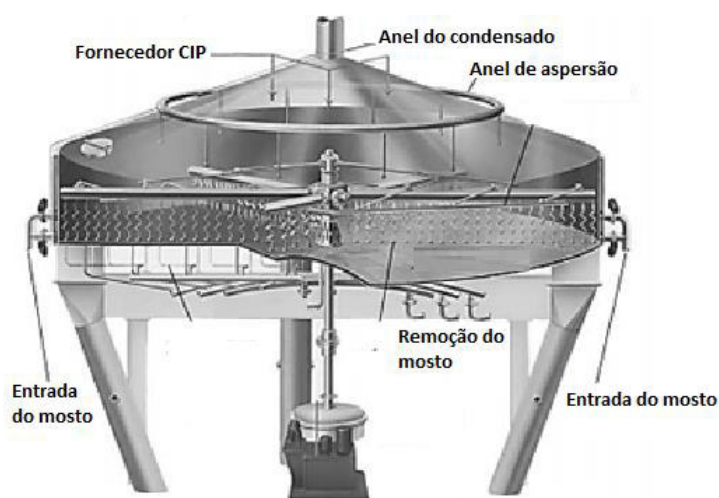


Figura 5 Diagrama de um tanque (*lauter tun*) (adaptado de Bamforth, 2003).

Ebulição do mosto ocorre, na maioria dos casos, numa caldeira durante 1 h a 2 h. Ocorre a esterilização e desnaturação de proteínas e enzimas, com o intuito de melhorar a qualidade da cerveja – do ponto de vista sensorial e coloidal (Matos, 2011; Esslinger e Narziss, 2005). Segundo Priest, *et al.* (2006), a ebulição apresenta como principais objetivos: a evaporação (alguma percentagem de água e remoção de outros voláteis e conseqüente concentração do mosto, deixando este com a densidade desejada); inativação das enzimas mais robustas (devido às elevadas temperaturas empregues); estabilização físico-química, onde as proteínas são

desnaturadas, floculando, precipitando e, com elas, acabam decantando, também, polifenóis, taninos e outras substâncias, que poderiam alterar negativamente as qualidades organoléticas da cerveja; Eliminação de qualquer microrganismo que possa colocar em risco o trabalho subsequente das leveduras, visto que, o mosto é um meio ótimo para o seu desenvolvimento; formação de cor e sabor; cozinhar os extratos não fermentáveis; extração e transformação dos componentes do lúpulo, ou seja, é possível extrair amargor e aromas do lúpulo através da fervura do mosto; formação de substâncias redutoras, como as melanoidinas (combinação de açúcares simples com aminoácidos), que contribuem para a cor e o sabor da cerveja.

Nesta etapa é adicionado o lúpulo que contribui, devido à isomerização dos α -ácidos a iso- α -ácidos (não é peculiarmente eficiente, visto que, só 50 % dos α -ácidos são convertidos e só 25 % dos iso- α -ácidos permanecem na cerveja no final do processo), com características aromáticas à cerveja e o sabor amargo/refrescante correspondente a cada receita. Também é responsável por contribuir para a estabilidade da espuma da cerveja e tem algumas propriedades medicinais. Para que o amargor seja extraído com eficiência, a variedade de lúpulo utilizada na receita, deve ser fervida por aproximadamente 1 h (Esslinger e Narziss, 2005; Hornsey, 1999).

O lúpulo é uma liana europeia da espécie *Humulus lupulus*, da família *Cannabaceae*, e é uma espécie dioica (gera flores masculinas e femininas). No entanto, são as flores femininas que são utilizadas na produção de cerveja, uma vez que, esta contém a substância lupulina (ricas em resinas e óleos essenciais) (Priest, *et al.*, 2006; Briggs, 2004). Esta matéria-prima possui a composição química apresentada na Tabela 1.

Tabela 1- Composição química do lúpulo (Adaptado de: Esslinger, 2009)

Água	8-14%
Resinas totais	12-21%
Proteínas	12-24%
α -ácidos	3-17%
β -ácidos	2-7%
Celulose	10-17%
Taninos	2-6%
Óleos essenciais	0,5-2%
Cinzas	7-10%

As resinas são constituídas pelos α -ácidos, que são responsáveis pelo amargor da cerveja. Já os óleos essenciais, compostos por ésteres, terpenos, álcoois, entre outros, têm influência no sabor e no aroma da cerveja (Esslinger, 2009). Este ingrediente pode ser comercializado na forma de flores secas, pó e em extratos. Por norma, o lúpulo é comercializado sobre a forma de *pellet* (Figura 6 c), obtido das flores de lúpulo, após a sua secagem (Briggs, 2004). Atualmente há um desenvolvimento de novas variedades de lúpulo, com o propósito da aquisição de sabores e aromas específicos para a cerveja. Sendo esta uma planta predominante em climas frios, os principais países produtores de lúpulo são a Alemanha, os Estados Unidos, a República Checa, a Inglaterra e a Nova Zelândia (Matos, 2011; Priest., *et al.*, 2006).



Figura 6 a) Plantação de lúpulo; b) Flor de lúpulo; c) Lúpulo sobre a forma de pellet.

Em seguida, é necessário arrefecer rapidamente o mosto, com o objetivo de precaver a oxidação, a contaminação por microrganismos e a formação de DMS (sulfureto de dimetilo, provoca o sabor rançoso), obtido por bactérias ou pelo calor ao provocar a redução do S-metilmetionina (Esslinger e Narziss, 2005; Bamforth, 2003).

Separação do *trub* quente sucede-se após a etapa de ebulição do mosto, os constituintes do lúpulo que não solubilizaram e os materiais coagulados (*trub*) são depositados no fundo da caldeira. O mosto claro é drenado para ser fermentado. Procedendo-se desta forma à clarificação do mosto. É importante remover o *trub*, visto que, os seus constituintes provocam sabores estranhos na cerveja (Esslinger e Narziss, 2005; Matos, 2011). O *trub* quente apresenta a seguinte constituição: 40 % a 70 % de proteína, 7% a 15 % de substâncias amargas e 20 % a 30 % de outros compostos orgânicos (por exemplo, substâncias minerais e polifenóis) (Esslinger e Narziss, 2005).

Atualmente, para clarificar o mosto, recorre-se com maior frequência um tanque *Whirlpool*, pelo facto de o lúpulo ser adicionado ao mosto sobre a forma de extrato ou *pellet* e a filtração não ser eficiente. Esta técnica promove a separação do líquido claro de interesse, acumulando as

partículas do *trub* no centro do tanque. O movimento circular, por parte do mosto, gera uma força centrífuga, fazendo com que os sólidos sejam encaminhados para as bordas do tanque (Figura 7). Já o mosto clarificado, posteriormente fermentado, poderá ser retirado lentamente pela parte inferior das bordas do tanque (Priest, *et al.*, 2006; Esslinger e Narziss, 2005; Matos, 2011).

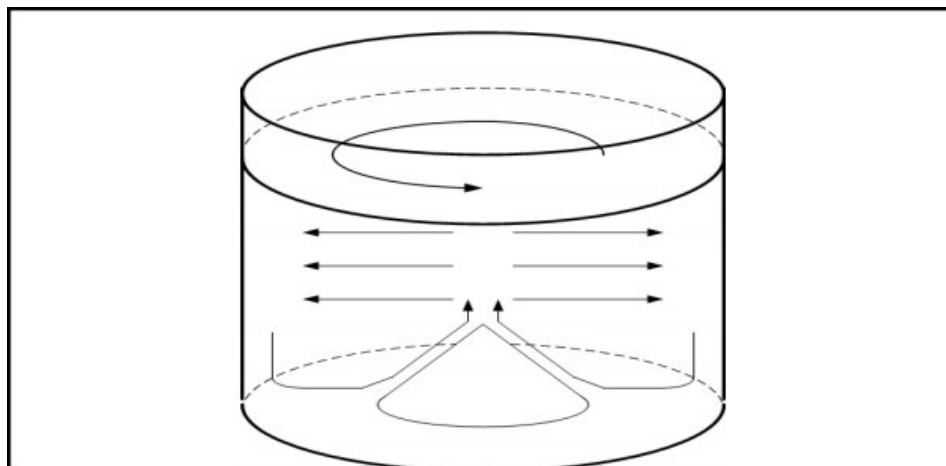


Figura 7 Movimentação do mosto e das partículas sólidas no Whirlpool, depositando o trub no centro do tanque, formando uma pirâmide (adaptado de Matos, 2011).

Arrefecimento do mosto dá-se de uma temperatura próxima aos 85 °C, para uma temperatura entre os 15 °C e os 25 °C estando este demasiado quente, para que a leveduras, após a sua inoculação, sobrevivam e executem a sua atividade. Por este motivo, antes de se iniciar a fermentação, o mosto deve ser arrefecido até à temperatura ótima desejada, dependendo do tipo de cerveja a produzir, para tal recorre-se, habitualmente, a um permutador de calor (Bamforth, 2003; Briggs, 2004). Esta etapa deve ser realizada o mais rápido possível, de forma a impedir a contaminação por microrganismos e interromper reações químicas (Briggs, 2004; Esslinger e Narziss, 2005). Este processo é dividido em duas partes, uma primeira em que se arrefece o mosto até uma temperatura de aproximadamente 85 °C, com o recurso a água a uma temperatura de 15 °C. Na segunda parte, utiliza-se água (1°C a 2 °C) ou refrigerantes (água congelada, expansão direta de amónia ou soluções de propilenoglicol), com o objetivo de reduzir a temperatura até à exigida, para a etapa de fermentação. Para tal, são utilizados permutadores tubulares ou de placas, permitindo extração do calor ao mosto e gerar água quente. Posteriormente, esta água é reciclada para ser utilizada para a produção do mosto, esterilização e limpeza de equipamentos (Briggs, 2004).

Remoção do trub frio pressupõe custos adicionais e representa um risco microbiológico. Se a separação do trub quente for eficiente, a qualidade da cerveja não se alterar

e as características organoléticas forem as desejadas pela cervejaria, não será necessário realizar esta etapa (Esslinger, 2009).

O *trub* frio pode ser formado, precipitando, quando o mosto é arrefecido até temperaturas de 70 °C a 55 °C, sendo constituído por 50 % de proteínas, combinado com 15 % a 25 % de polifenóis e 20 % a 30 % de hidratos de carbono (Esslinger e Narziss, 2005). A nível industrial é retirado nos tanques de floculação, já a nível artesanal, em alguns casos, não é removido. Sendo, posteriormente, decantado em conjunto com as leveduras para o fundo do fermentador (Matos, 2011).

Pode ainda ser adicionado à cerveja ou mosto, vários suplementos, tais como: sais (potássio ou zinco, essenciais para o crescimento da levedura e, consequentemente, para uma fermentação eficiente), CO₂ (carbonatar a cerveja, com uma concentração ideal de 0,5%), óleo de lúpulo (confere aroma e sabor amargo), caramelos (fornecem cor e sabor à cerveja) e produtos antimicrobianos (por exemplo, dióxido de enxofre) (Priest, *et al.*, 2006; Hornsey, 1999).

1.1.3. Processo fermentativo

O fabrico de cerveja é um dos ofícios mais antigos conhecidos pelo Homem. Louis Pasteur, após uma análise microscópica cuidadosa do processo de fermentação da cerveja, observou o crescimento do organismo (levedura), demonstrando que este era o responsável pelo processo de fermentação. Os resultados do estudo foram publicados em *Études sur la bière*, em 1876 (Briggs, 2004). As leveduras utilizadas para a produção de cerveja pertencem à família Saccharomycetaceae e ao género *Saccharomyces*.

Morfológicamente, por norma, este microrganismo é redondo ou oval. As células têm um diâmetro de 5 µm a 10 µm, 3 µm a 10 µm de largura e 4 µm a 14 µm de comprimento, sendo que, o seu formato é elíptico ou cilíndrico (Esslinger, 2009). Como se pode verificar na Figura 8, as células da levedura contêm os organelos característicos de uma célula eucariótica. Relativamente à sua composição química a célula de levedura é constituída por cerca de 75 % a 80 % de água, em termos de peso seco, e ainda contém: 40 % de proteínas (na maior parte enzimas), 34 % de polissacarídeos; 7 % de minerais; 5 % de fosfolípidos; 3 % triglicerídeos e 0,5 % de ADN, vitaminas e fibra (Hornsey, 1999).

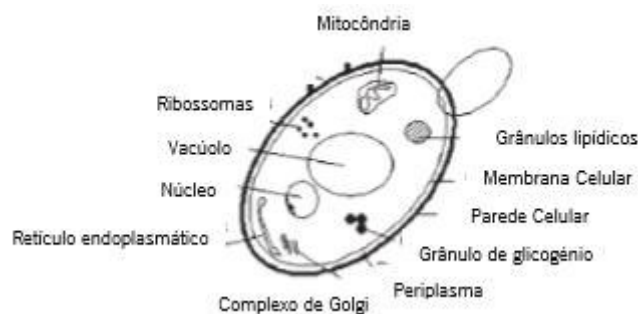


Figura 8 Representação transversal da célula de levedura e seus organelos constituintes (adaptado de Esslinger, 2009).

Existem duas espécies de leveduras a que, maioritariamente, se recorre para a produção de cerveja, são elas: *Saccharomyces cerevisiae* (fermentação alta ou *ale*) e *S. pastorianus* (fermentação baixa ou *lager*) (Bamforth, 2003). Estes dois tipos de leveduras diferem, principalmente, a nível da temperatura de fermentação e no modo de floculação, sendo que, as *ale* e flutuantes (podem ser recolhidas no topo do fermentador) e as do tipo *lager* depositam-se na base do fermentador (Esslinger, 2009; Priest, *et al.*, 2006).

Sendo este género de leveduras a que se recorre com maior frequência, para a realização da fermentação *ale* (18 °C a 25 °C) e *lager* (7 °C a 15 °C). Existe uma faixa de temperatura ideal, à qual estes microrganismos estão mais aptos e tem o seu melhor rendimento, se estas operam fora dessas faixas, podem produzir subprodutos prejudiciais para a cerveja. Estes microrganismos são anaeróbicos facultativos (metabolismo anaeróbico ou aeróbico), ou seja, produzem energia, etanol, CO₂ e uma grande variedade de metabolitos (a cerveja é constituída por 600 a 800 compostos) a partir de compostos de carbono (açúcares) (Priest, *et al.*, 2006; Esslinger, 2009). Todavia, as leveduras têm um papel preponderante no fabrico de cerveja, caso contrário as cervejas seriam uma bebida muito menos ativa, interessante e agradável.

Desta forma, esses microrganismos são inoculados no mosto clarificado e arrefecido e, por sua vez, irão crescer e multiplicar-se, consumindo os açúcares fermentescíveis, produzindo etanol, dióxido de carbono, ésteres (responsáveis pelo toque frutado na cerveja), ácidos orgânicos, álcoois superiores, fenóis (dão notas de especiarias), cetonas (por exemplo o diacetilo, que quando oxidado, durante o envelhecimento da cerveja, origina um sabor ligeiramente rançoso) e consequentemente, vão transmitir propriedades organoléticas (sabor, aroma, entre outras) à cerveja (Bamforth, 2003; Esslinger e Narziss, 2005; Priest, *et al.*, 2006).

Na produção de cervejas industriais, a fermentação ocorre em tanques fechados, revestidos por uma camisa externa, por onde passa um refrigerante, mantendo o sistema a uma

temperatura desejada. No entanto, no processo “artesanal”, o controlo da temperatura é feito em salas climatizadas, em temperatura ambiente, entre outras técnicas. Na FermentUM, mais especificamente na produção de cerveja artesanal, a refrigeração das cubas é realizada com recurso a uma camisa (Matos, 2011). A fermentação tem como principal objetivo a obtenção de cervejas com os atributos sensoriais e físico-químicos pretendidos.

Segundo Briggs, *et al.*, (1971), o desempenho e qualidade da fermentação da cerveja, depende dos seguintes fatores:

- A escolha da estirpe de levedura (a levedura deve flocular e decantar no fundo do tanque fermentador ao final do processo);
- As condições da levedura no momento da inoculação;
- Quantidade de levedura adicionada ao mosto;
- A distribuição da levedura durante a fermentação, bem como o tamanho e geometria do fermentador;
- Do tipo de cerveja a produzir, se *lager* ou *ale*, ou seja, se baixa ou alta fermentação, respetivamente;
- O arejamento do mosto;
- A composição e o pH do mosto;
- Condições da fermentação (temperatura, pressão, tempo, entre outros);
- Como determinar o término da fermentação.

Deve-se preparar a levedura antes de se inocular no mosto, sendo que, as técnicas mais comuns são: preparação do substrato para ativação da levedura e hidratação de levedura liofilizada. O método de preparação do substrato, consiste na adaptação e propagação (a levedura duplica ou triplica a sua quantidade) das leveduras, ou seja, mistura-se as leveduras com mosto e ao final de 18 h a 24 h, estas encontram-se na fase exponencial, reproduzindo-se de forma eficiente. Após esta etapa mistura-se o restante mosto, com o substrato, sendo este oxigenado e devendo estar à temperatura ideal para a levedura. Relativamente à técnica de hidratação da levedura é a mais usual no modo artesanal, visto que, normalmente adquirem-se as leveduras na forma liofilizada. Tendo esta de ser, antes de ser adicionada uniformemente ao mosto frio, hidratada em água esterilizada, oxigenada, e misturada ao mosto oxigenado. Geralmente utiliza-se 11,5 g de levedura liofilizada, para cada 20-30 L de água (Priest, *et al.*, 2006; Matos, 2011; Esslinger e Narziss, 2005).

A fermentação, propriamente dita, ocorre quando a levedura consome, anaerobiamente, os açúcares fermentescíveis produzindo energia (necessária à sua sobrevivência e multiplicação), CO_2 e etanol. (Esslinger e Narziss, 2005; Bamforth, 2003).

As leveduras de fermentação alta “trabalham” a temperaturas entre os 18 °C e os 25 °C, estas ascendem ao topo do fermentador, onde ficam retidas na superfície do mesmo. O processo fermentativo decorre num período de 3 a 5 dias, originando cervejas do tipo *ale*. Por outro lado, as cervejas do tipo *lager* são confeccionadas a partir de leveduras de fermentação baixa, deste modo, laboram a uma faixa de temperatura de 7 °C a 15 °C. Neste caso, a fermentação decorre no fundo do fermentador, uma vez que, a levedura fica retida na sua base até finalizarem a sua atividade, isto ocorre num período de 10 dias (Matos, 2011; Mignani *et al.*, 2013; Linko *et al.*, 1998).

Fermentação primária do mosto (devidamente arejado, clarificado e arrefecido nas etapas anteriores), por leveduras previamente selecionadas, até se atingir a densidade específica desejada. Esta etapa pode durar de 2 a 6 dias para *ales* e 4 a 10 dias para as *lagers*, tendo em conta as condições de operação. No final deste processo encontra-se, na parte superficial do mosto, uma espuma contendo taninos, lípidos, e proteínas, devendo esta ser removida, pois prejudica as propriedades organoléticas da cerveja (Matos, 2011; Esslinger e Narziss, 2005). Segundo Bamforth (2003). Os fermentadores mais utilizados, inclusive na produção de cerveja artesanal, têm uma geometria cilindro-cónico e são construídos em aço inoxidável (Figura 9). Estes possibilitam uma melhor mistura, devido à formação de correntes de convecção instituídas pela formação de bolhas de gás, um melhor controlo da temperatura através do termostato, uma fácil remoção do CO_2 e uma recuperação eficiente e higiénica das leveduras pela base cónica, no final da fermentação.



Figura 9 Diagrama de um fermentador cilindro cônico (adaptado de Bamforth, 2003).

Inicialmente, a levedura consome todo o oxigénio dissolvido, após 8 h a 16 h, começam a formar-se bolhas de CO₂, espuma e calor. Dentro de 24 h a 48 h, as taxas de crescimento da levedura e de consumo dos hidratos de carbono (açúcares) atingem um máximo (Figura 10). O pH decresce devido à produção de ácidos orgânicos (acético, pirúvico, málico, cítrico, láctico, entre outros) e ao consumo de compostos com efeito tampão (aminoácidos e fosfatos). Posteriormente, sofre um ligeiro aumento, devido à redução da taxa de crescimento e processo fermentativo desencadeado pela levedura (fase estacionaria do crescimento da mesma), inativação da mesma e autólise celular (Figura 10). Valores de pH baixos inibem o crescimento e degradação bacteriana durante a fermentação (Esslinger e Narziss, 2005; Priest, *et al.*, 2006).

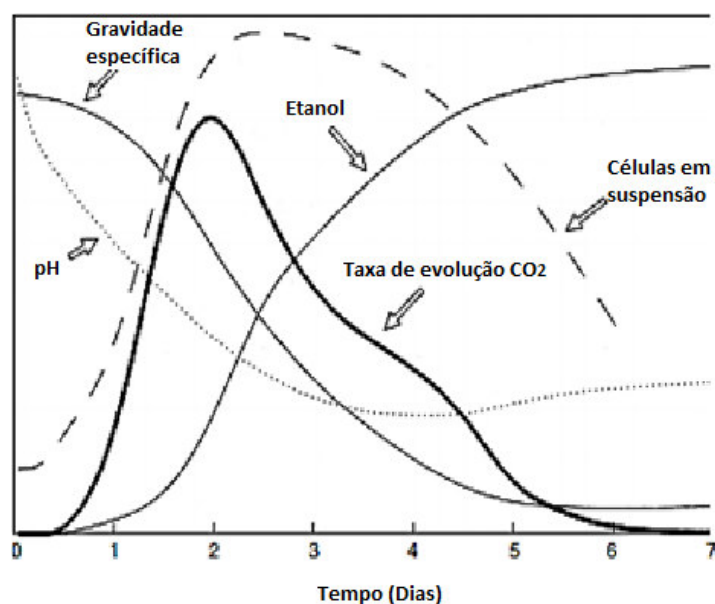


Figura 10 Representação gráfica dos perfis de pH, densidade do mosto, etanol, CO₂ e células em suspensão no decorrer da fermentação (adaptado de Priest, et al., 2006).

No decorrer desta etapa, as leveduras vão fermentar as substâncias dissolvidas (açúcares fermentescíveis) no mosto, produzindo etanol, álcoois superiores (responsáveis pelos aromas da cerveja), ésteres (responsáveis pelos aromas frutados) e CO₂ (Figura 10). O diacetilo (2,3-butanodiona) e 2,3-pentanodiona são compostos gerados pela levedura, uma vez que, quando se encontra em concentrações elevadas originam um sabor indesejável na cerveja (sabor amanteigado). Como se pode verificar na Figura 11, as leveduras, em primeiro lugar, hidrolisam a glucose e frutose (açúcares primários), só depois degradam as maltoses e maltotrioses (açúcares secundários) (Esslinger e Narziss, 2005; Priest, *et al.*, 2006).

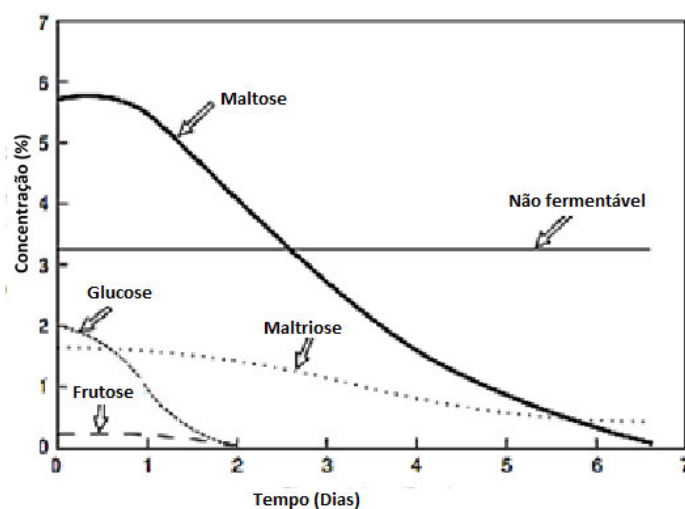


Figura 11 Representação gráfica do consumo de açúcares fermentescíveis durante o processo fermentativo (adaptado de Priest, et al., 2006).

A reação, anteriormente referida, é designada de glicólise e é considerada exotérmica (liberta calor). Deste modo, é necessário controlar a temperatura da fermentação, visto que, durante este processo há a libertação de calor. A durabilidade da fermentação tradicional é de 8-20 dias, mas se forem adotadas temperaturas altas, frequentemente utilizadas na prática fermentativa moderna, o período do processo pode ser reduzido para 7 dias. No entanto, a temperatura do processo fermentativo varia do início ao fim e depende do tipo de cerveja a produzir, cervejas do tipo *lager* e *ale* são conduzidas numa gama de temperatura de 7-15°C e 18-25 °C (Esslinger e Narziss, 2005; Priest, F.G. *et al.*, 2006).

No fabrico de cerveja industrial, a levedura é separada por filtração ou centrifugação. No caso da produção artesanal, a mesma é removida por decantação, sendo este processo facilitado pelo arrefecimento do fermentador (Priest, F.G. *et al.*, 2006; Bamforth, 2003).

Fermentação secundária: esta fermentação tem uma duração de 7 a 30 dias e pode ocorrer no mesmo fermentador ou em outro (aconselhável, pois tem menos leveduras e impurezas). Onde se deixa a cerveja em contacto com a levedura e procedendo-se a uma diminuição da temperatura. A presença residual deste microrganismo faz com que ocorra uma oxidação do mosto fermentado (absorvendo o oxigénio que possa entrar em contacto com a cerveja) e permite reintegrar alguns compostos aromáticos prejudiciais, originando um produto maturado (Briggs, 2004; Esslinger e Narziss, 2005).

De grosso modo, a fermentação termina quando o CO₂ deixa de ser produzido. Sendo que, a levedura, após removida, é tratada e armazenada. Desta, uma parte pode ser vendida para a indústria dos alimentos e outra reutilizada em novos processos de fermentação (Matos, 2011).

Na **estabilização** coloidal da cerveja, pode ocorrer a aglomeração de proteínas de levado peso molecular e taninos, levando a um aumento da turvação. A nível industrial, são adicionados à cerveja, estabilizadores insolúveis (adsorventes e/ou precipitantes), tais como: bentonite, sílica, gelatina, polivinilpirrolidona (PPVP), entre outros. No processamento artesanal, não é adicionado qualquer tipo de precipitante, a estabilização baseia-se na diminuição da temperatura (0 °C a 2 °C) da cerveja e consequente deposição dos compostos indesejáveis e leveduras no fundo do fermentador. No final desta etapa os valores de pH (4,3-4,6) permanecem constantes, tendo esta como principal objetivo a produção de uma cerveja com maior estabilidade química e biológica (Esslinger, 2009; Hornsey, 1999; Esslinger e Narziss, 2005).

1.1.4. Processamentos finais

O **Enchimento**, derradeira etapa da produção de cerveja, introduz-se a mesma em diversos tipos de embalagens, como latas, garrafas de vidro ou barris (Bamforth, 2003). No fabrico de cerveja industrial, a estabilização microbiológica da cerveja, antes ou após o enchimento, é feita através da pasteurização (1 minuto a 70 °C, temperatura letal para os microrganismos, em questão) ou de uma filtração esterilizante, realizada a frio. No caso das cervejas artesanais, não é hábito realizar a etapa de pasteurização/esterilização da cerveja, pois altera as suas características organoléticas (Matos, 2011).

Antes de se iniciar o processo de enchimento, é necessário avaliar as características do produto e as condições de enchimento que, no caso da cerveja são: a influência dos gases (particularmente o conteúdo em O₂ e CO₂), a pressão de enchimento e a temperatura (de preferência baixa, uma vez que, contribui para a solubilidade do CO₂ e para a redução no consumo de gás).

No decorrer do processo de enchimento, o gás pode ser encontrado/utilizado em diversos pontos, tais como: o CO₂, presente na cerveja e utilizado como gás de pressurização; o oxigénio, parte do ar no interior das garrafas a serem preenchidas ou levado pela bebida a montante da alimentação de enchimento; o azoto (Priest, *et al.*, 2006; Esslinger, 2009).

A cerveja é, de todas as bebidas, a mais sensível ao oxigénio, pelo que, o teor em oxigénio depois do enchimento é da maior importância, para preservar a qualidade do produto (Esslinger, 2009). Deste modo, o enchimento deve ser executado rapidamente, de forma a evitar ao máximo o contacto da cerveja com o oxigénio, impedindo assim a oxidação da mesma (influência negativa nas propriedades sensoriais e estabilidade física e química da cerveja) (Matos, 2011). O oxigénio pode estar dissolvido na bebida (Figura 12), na proporção de ar contida na garrafa, antes de enchida, introduzido na garrafa durante ou depois do processo de enchimento ou no *head space* (ar residual contido no espaço vazio entre a extremidade superior da garrafa e a altura máxima atingida pelo líquido no interior da mesma).

Segundo Esslinger (2009), os requisitos a cumprir, a quando se realiza o enchimento da cerveja, reduzindo deste modo a influência do O₂ sobre a mesma, são:

- Preservar a pressão de saturação, no caso de bebidas carbonatas;
- Minimizar a captação de O₂ na cerveja e a perda de CO₂, no decorrer do enchimento;

- Maximizar a precisão de enchimento;
- Sem contaminação microbiológica (ou química), cumprindo com os requisitos durante o enchimento;
- Evitar a formação de gotejamento após a retirada da garrafa.

Dependendo do tipo de sistema de enchimento envolvido, este pode conter as seguintes etapas (Figura 12): evacuação; lavagem e pressurização com gás puro; enchimento a uma velocidade; fase de repouso e aspiração (Esslinger, 2009).

Através da **Evacuação** o produto pode ser protegido da oxidação, através da pré-evacuação das garrafas, onde vai reduzir a quantidade de ar e O_2 na garrafa de vidro. Este processo consiste na instalação de um sistema de vácuo que, remove cerca de 90 % do ar contido na garrafa, antes de ser enchida (Esslinger, 2009; Priest, *et al.*, 2006).

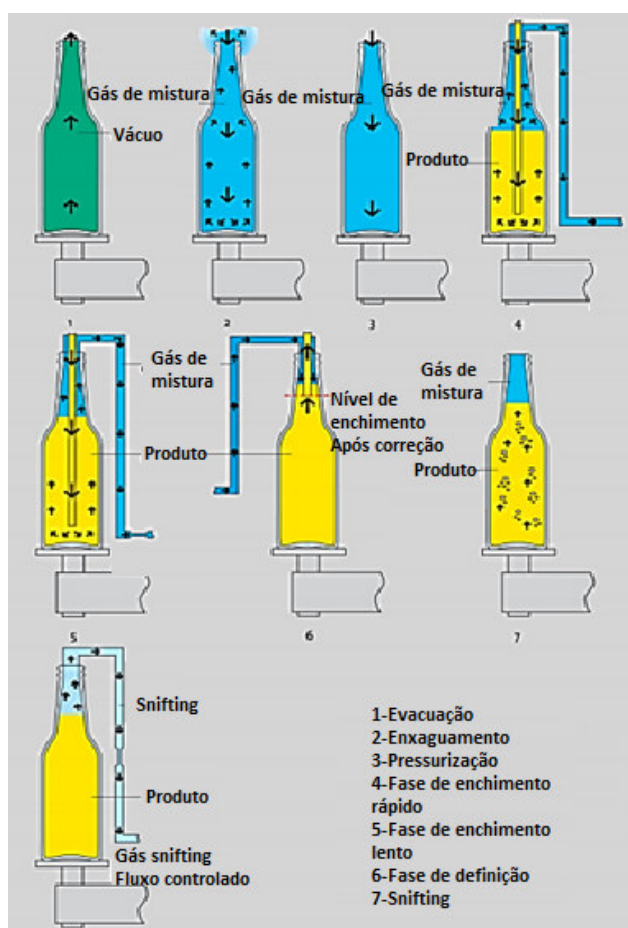


Figura 12 Representação das etapas de enchimento (adaptado de Esslinger, 2009).

Em seguida, as garrafas são pressurizadas com CO_2 (igualar a pressão), onde é aplicada uma contrapressão com dióxido de carbono, antes que o líquido desça por gravidade, desde o

tanque de receção da enchedora até as garrafas. A enchedora é ajustada automaticamente, de forma que, o volume desejado de cerveja seja introduzido na embalagem. Depois de a garrafa estar cheia, é retirada da cabeça de enchimento por alívio da pressão interna. Após o enchimento, promove-se a formação de espuma, batendo com a base da garrafa (processo de enchimento é manual) que, por sua vez, ascende pelo gargalo e expelle o oxigénio, prevenindo a sua entrada posterior, antes de a garrafa ser fechada. Atualmente este processo é realizado com água em alta pressão, jato de água, sob cada garrafa aberta (apenas entra na garrafa uma pouquíssima quantidade de água, causando uma intensa formação de espuma). Devendo introduzir a carica metálica ou rolha, o mais rápido possível e de preferência com o *head space* “cheio” de espuma, reduzindo assim o O₂ dissolvido na garrafa e, consequentemente, a oxidação e/ou degradação das qualidades da cerveja artesanal (Esslinger, 2009; Priest, *et al.*, 2006).

1.2 Fatores que influenciam a estabilidade da cerveja artesanal ao longo do tempo

Entende-se por estabilidade, como sendo a capacidade em manter as propriedades inalteradas, desde o enchimento da cerveja até que esta seja consumida. A característica mais importante da qualidade da cerveja artesanal, para além da estabilidade química, coloidal, microbiológica, da cor e da espuma, é a estabilidade do sabor e aroma.

Existem diversos fatores que contribuem para a alteração da estabilidade e consequente qualidade da cerveja, tais como: tipo de levedura (vitalidade; taxa de inoculação), exposição à luz, exposição ao oxigénio durante o seu enchimento, temperatura e tempo de armazenamento e transporte, contaminações por microrganismos indesejados, entre outras. Estes podem levar à oxidação de compostos naturais da cerveja (álcoois superiores, aminoácidos, ácidos gordos, resinas de lúpulo, entre outros). Além de que, podem ser formados outros como, por exemplo, os aldeídos, os mais influentes para a estabilidade da cerveja (Esslinger, 2009; Priest, *et al.*, 2006)

Relativamente às alterações físico-químicas, estas podem aparecer inicialmente (durante o transporte imediato da cerveja ou armazenamento inadequado) e outras podem aparecer depois de semanas ou meses de armazenamento. Existem algumas modificações químicas que não possibilitam uma perceção a nível do paladar, no entanto estas existem, por exemplo os polifenóis ou a melanoidina.

As cervejas artesanais, pelo facto de não se realizar a filtração e pasteurização, têm um período de prateleira inferior ao das cervejas industriais. Deste modo, é fundamental haver um controlo rigoroso dos vários fatores (anteriormente referidos), tanto a nível da produção como no armazenamento, com o propósito de prevenir o aparecimento de modificações na estabilidade e consequentemente qualidade da cerveja (Brewers Association; Esslinger, 2009; Priest, *et al.*, 2006).

1.2.1. Temperatura de armazenamento

A temperatura é um fator preponderante, uma vez que, tem uma grande influência na estabilidade da cerveja no decorrer do seu armazenamento, devido a fenómenos de oxidação. Este fator promove a formação ou degradação de metabolitos associados ao aroma e sabor da cerveja, tais como: álcoois superiores, ésteres, melanoidinas, aminoácidos, ácidos gordos, resinas de lúpulo e carbonilos, consequentemente promove oxidações e aparecimento de turvação (aparecimento de coloides). Geralmente, este fenómeno ocorre quando a cerveja é submetida a temperaturas elevadas de armazenamento (Briggs, 2004; Esslinger, 2009; Priest, *et al.*, 2006). As cervejas artesanais possuem características mais favoráveis a que ocorra o fenómeno de oxidação, deste modo, são recomendadas temperaturas baixas (4 °C) de armazenamento. Para garantir uma boa estabilidade, durante vários meses, para a cerveja armazenada (Figura 13) (Beer, 2014; Brewers Association, 2016).

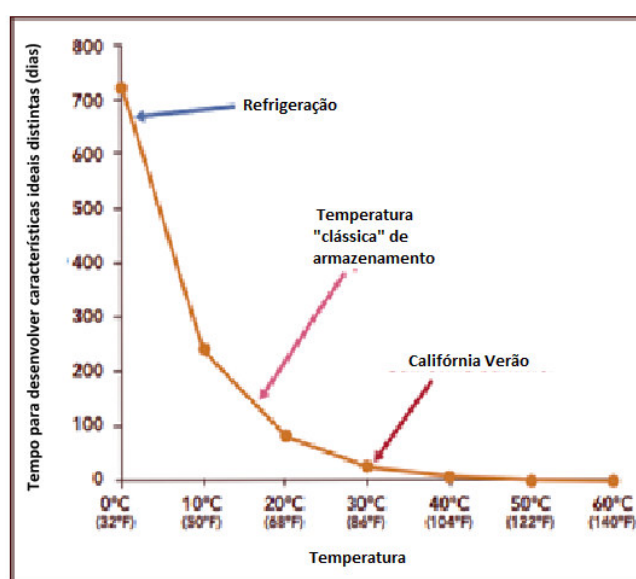


Figura 13 Representação gráfica do tempo esperado para a deterioração vs. temperatura de armazenamento da cerveja (adaptado de Beer, 2014).

1.2.2. Refermentação em garrafa

As leveduras são, em grande parte, responsáveis pela estabilidade e consequente qualidade da cerveja (Bamforth, 2003). Através do seu metabolismo anaeróbico (fermentação) produzem, essencialmente, etanol (principal composto a ser originado e excretado durante a fermentação do mosto, tendo um pequeno impacto no sabor da cerveja) e CO_2 , o metabolismo respiratório aeróbico estimula o seu crescimento e reprodução (produção de biomassa) (Briggs, *et al.*, 1971).

Em alguns casos, a fermentação das cervejas artesanais realizam-se na garrafa (refermentação mais tradicional). Neste processo são adicionados açúcares (em função de atenuação) e, no caso de não existirem células viáveis, é reinoculada (volta-se a adicionar) uma estirpe de levedura previamente selecionada (*S. cerevisiae*) ao produto. Desta forma, as leveduras vão novamente produzir CO_2 dentro da própria garrafa, promove uma diminuição do pH da cerveja (resultado da formação de ácido carbónico, H_2CO_3), aumentando a pressão interna e consequente dissolução no meio líquido, e adicionam novos bio-aromatizantes, entre outros componentes, alterando positiva ou negativamente as qualidades sensoriais da cerveja final. No entanto, este método tem outros inconvenientes, como a formação de depósitos na garrafa (células mortas de leveduras) ou em suspensão, podendo influenciar o aspeto geral da cerveja. Importante ainda referir que deve ser muito bem controlada a quantidade de açúcares e levedura adicionada, uma vez que, se for em demasia pode fazer com que a garrafa de vidro não suporte a pressão (Canonico, *et al.*, 2014; Cerveja Magazine, 2015). Ao contrário do que acontece na garrafa, na fábrica tira-se partido do CO_2 obtido na fermentação secundária para se proceder à carbonatação da cerveja (frequentemente recorre-se a fermentadores cilíndrico-cónicos). Neste método deve haver um controlo rigoroso da pressão interna e temperatura do fermentador (Cerveja Magazine, 2015).

1.2.3. Pré-evacuação no enchimento

As leveduras possuem a capacidade de crescer e reproduzir-se em ambiente anaeróbico ou aeróbico. Se a presença de açúcares for em concentrações elevadas, estas crescem anaerobiamente (ausência de oxigénio). No entanto, se as concentrações de açúcares forem ínfimas, as leveduras vão obter energia para crescer e reproduzir-se, através do metabolismo

respiratório (Matos, 2011). O oxigénio (O_2) é imprescindível para garantir o crescimento e multiplicação das leveduras e, deste modo, deve ser adicionado cerca de 8 mg/L (representa a quase saturação do meio) ao mosto. Mas, oxigenar o mosto não é aconselhado, visto que, pode provocar a oxidação de determinadas substâncias, como os polifenóis. Consequentemente pode levar ao escurecimento e obtenção de sabores indesejados na cerveja. Desta forma, o oxigénio deve ser fornecido às leveduras fora do mosto “principal”, para que haja a produção de biomassa suficiente, com o objetivo de se realizar uma fermentação eficiente (Esslinger e Narziss, 2005; Priest, *et al.*, 2006; Briggs, 2004).

Durante o período de armazenamento, grande parte das alterações químicas que surgem na cerveja envolvem o oxigénio, sendo aceleradas se houver contacto com o oxigénio depois da fermentação. Após o engarrafamento, a presença de oxigénio na cerveja acelera a formação de turvação, devido à rápida interação dos coloides, promove a oxidação dos álcoois (melanoidinas, produtos originários da reação *Maillard*, entre outros), lípidos, resinas do lúpulo, ácidos orgânicos (ácido linoleico, formando o *trans*-2-nonenal, responsável pelo conhecido “gosto a cartão”), entre outras substâncias. Consequentemente, esses compostos causam modificações indesejadas no aroma e no sabor do produto (Figura 14). No entanto, a presença e/ou contacto do oxigénio com a cerveja entre a fermentação e a máquina de enchimento, depende: das medidas preventivas para impedir o contacto, da qualidade da máquina de enchimento, de como é realizada a operação até ao fecho da embalagem e da incorporação do mesmo pelo *head space* e através das rolhas/caricas (Esslinger, 2009; Priest, *et al.*, 2006).

Na FermentUM, o processo de enchimento realiza-se manualmente, onde o operador, executa uma dupla pré-evacuação. Na medida em que, na realização deste processo, promove a instalação de um sistema de vácuo (igualando-se a pressão interna da garrafa, aplicação de uma contrapressão com CO_2 , antes que a cerveja desça, desde o tanque da enchedora até à garrafa), que remove cerca de 90 % do ar (da qual faz parte o oxigénio) contido na garrafa, antes de ser enchida em definitivo. O produto acaba por ser protegido da oxidação, uma vez que, este procedimento irá reduzir a quantidade de oxigénio na garrafa, promovendo uma melhor estabilidade da cerveja artesanal (Esslinger, 2009; Priest, *et al.*, 2006).

Com o objetivo de impedir ao máximo a presença de oxigénio na cerveja engarrafada, para além de se ter um processo de produção extremamente controlado, pode-se recorrer à imobilização de leveduras em material sólido adequado inserido no interior da rolha metálica

(vedante), fazendo com que as mesmas continuem viáveis após o enchimento, sendo que os resíduos, provenientes do consumo de O_2 , são o dióxido de carbono e água, presentes naturalmente na cerveja. As leveduras encapsuladas não eliminam apenas o oxigénio dissolvido, mas também o presente no *head space*, após o enchimento da cerveja ainda fresca, com o intuito de aumentar o seu tempo de prateleira e diminuir as reações de oxidação indesejáveis e consequente formação de componentes igualmente indesejáveis, contribuindo para a uma maior estabilidade química, física e organolética da cerveja (Edens, 1992).

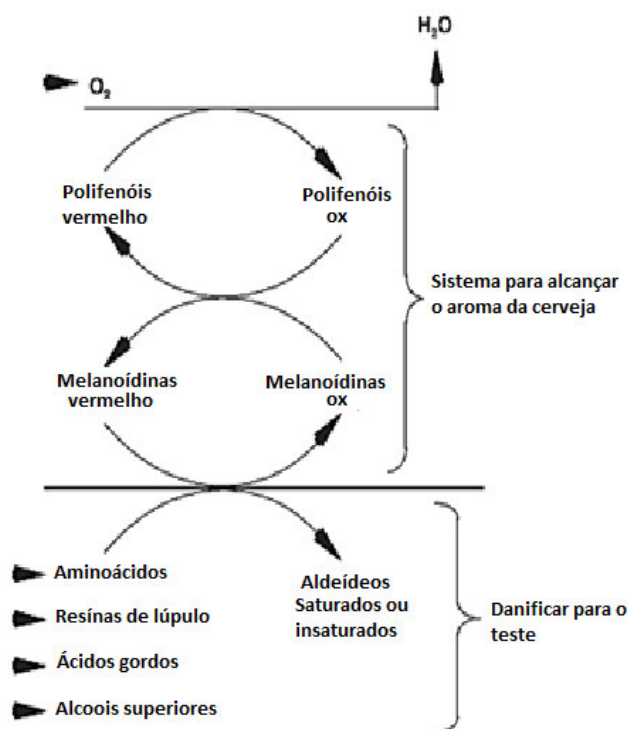


Figura 14 Reações redox que dão origem a compostos que conferem sabores e alterações indesejáveis à cerveja (adaptado de Esslinger, 2009).

1.2.4. Pasteurização

Este processo corresponde ao tratamento térmico de alimentos ou bebidas, com o intuito de inativar os microrganismos de deterioração, este remonta ao trabalho desenvolvido por Louis Pasteur em 1870 (Priest, *et al.*, 2006). Sendo esta uma etapa opcional e realizada no processo de produção de cerveja (realiza-se principalmente na produção de cervejas industriais), estas são tratadas com o intuito de inativar as leveduras cervejeiras residuais ou bactérias, antes ou durante o enchimento, que possa prejudicar as características organoléticas da cerveja. Para tal, recorre-se à pasteurização e/ou à filtração. Existem duas formas de efetuar a pasteurização, sendo elas: a

pasteurização antes do enchimento (pasteurização *flash*) e a pasteurização depois do enchimento ou em túnel (cerveja em lata ou em garrafa de vidro). Na pasteurização *flash*, a cerveja passa por um permutador de calor, onde a mesma é submetida a uma temperatura de 72 °C a 75 °C, com tempos de residência de 20 s a 30 s, inativando todos os microrganismos e perde CO₂, futuramente repostos. Nos pasteurizadores de túnel, as garrafas de vidro ou latas passam por um túnel, onde é borrifado vapor de água sobre o produto, atingindo temperaturas de 70 °C, e depois é borrifada água fria, o que faz o produto voltar a uma temperatura segura (Bamforth, 2003; Matos 2011).

1.2.5. Higienização das linhas de enchimento e embalagem (*Cleaning-in-Place*)

A cerveja é uma bebida extremamente nutritiva e um meio de cultura perfeito (água, proteínas, hidratos de carbono, entre outros), para grande parte dos microrganismos. Deste modo, as contaminações são relativamente frequentes (em fabrico artesanal) e um dos aspetos mais importantes da produção. Pode-se afirmar que, a cerveja livre de contaminações e/ou sabores e odores estranhos, em consequência das mesmas, é uma cerveja “boa”. Posto isto, é da extrema importância que, na indústria cervejeira, qualquer material (linha de enchimento e embalagens, tais como: garrafas de vidro, barris, entre outras) que entre em contacto direto com a cerveja seja limpo e desinfetado, com auxílio de agentes de limpeza e desinfetantes. A desinfecção pode ser feita por ação física (tratamentos térmicos, UV, raios-X) ou por agentes químicos (substâncias contendo cloro ativo, dióxido de cloro, agentes oxidantes ou ácido carboxílicos halogenados). Atualmente, os agentes de desinfecção utilizados como maior frequência são os que contêm cloro ativo. De certa forma, estes agentes acarretam desvantagens com a sua utilização, tais como: rico de corrosão de superfícies de aço ou alumínio, devido à sua acidez; produtos à base de cloro são instáveis a temperaturas elevadas (superiores a 40 °C); produtos que contenham cloro podem formar clorofenóis, devido a reações com substâncias orgânicas, levando a alterações prejudiciais a nível das propriedades sensoriais da cerveja (Esslinger, 2009; Briggs, 2004).

1.3 Gestão do risco

A gestão do risco é algo que cada um utiliza no seu dia-a-dia, mas de uma forma inconsciente e desordenada. Esta possibilita a determinação de ocorrência de um perigo e a sua severidade. Desde o início do séc. XX que, a segurança sanitária dos alimentos era garantida pela verificação do produto final, mas este procedimento era desajustado. A solução passou pelo controlo do processo, ou seja, pela implementação do Sistema HACCP (Vaz, 2000; *Codex Alimentarius*).

1.3.1. Enquadramento HACCP

O sistema HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Point*) é um sistema de gestão da segurança alimentar que, tem uma forma sistemática e científica de prevenir e controlar a ocorrência de perigos na produção de alimentos (cerveja), fácil de ser aplicado pelas empresas alimentares. Este é recomendado pela Comissão do *Codex Alimentarius* (CAC). O sucesso deste depende de toda equipa, desde a gestão de topo até aos operadores. Para que o Sistema seja eficiente, é necessário um programa de pré-requisitos bem estruturado (Vaz, 2000; *Codex Alimentarius*, Priest, *et al.*, 2006).

Segundo Vaz, *et al.* (2000) e Priest, *et al.* (2006), a aplicação do Sistema de HACCP baseia-se em 7 princípios que, podem ser implementados em 14 passos lógicos e sequenciais:

1. Formação de uma equipa HACCP
2. Descrição do (s) produto (s)
3. Identificação do uso pretendido do produto
4. Identificação do utilizador/consumidor final
5. Elaboração do (s) diagrama (s) de fluxo e esquema da área de fabrico
6. Confirmação (*in loco*) do fluxograma e esquema da fábrica
7. Identificação e análise dos possíveis perigos associados a cada passo (Princípio 1)
8. Aplicação da árvore de decisão HACCP para determinação dos Pontos Críticos de Controlo PCC's, para cada perigo identificado (Princípio 2)
9. Estabelecimento dos valores alvo e dos limites críticos para os PCC's (Princípio 3)
10. Definição dos procedimentos de monitorização dos PCC's (Princípio 4)

11. Estabelecimento de um plano de ações corretivas, sempre que os limites críticos sejam ultrapassados (Princípio 5)
12. Estabelecimento de sistemas de registo e arquivo de dados que documentam o plano de HACCP (Princípio 6)
13. Estabelecimento de procedimentos de verificação do funcionamento do plano HACCP adotado (Princípio 7)
14. Revisão do plano de HACCP

Contudo, a elaboração do fluxograma do processo cervejeiro (preponderante para ajudar a equipa HACCP a identificar os riscos nos processos e analisar os perigos) e aplicação da árvore de decisão, tem com objetivo, poder confirmar se a pasteurização, a temperatura de armazenamento, pré-evacuação no processo de enchimento e a refermentação são PCC's. Uma vez identificados, podem-se definir procedimentos de monitorização e ações corretivas que, permitem prevenir, eliminar ou reduzir um perigo para níveis aceitáveis. Consequentemente possibilitam a obtenção de cervejas artesanais com melhor estabilidade e qualidade ao longo do período de prateleira.

1.4 Programa de Certificação de Juizes de Cerveja (*BJCP*)

O guia *BJCP - Beer Judge Certification Program* (Programa de Certificação de Juizes de Cerveja) certifica pessoas (juizes) que têm interesse pela avaliação de cerveja, através de um processo de exames e acompanhamento. Todos os juizes *BJCP* passam por um processo de certificação, adquirindo um conhecimento mais abrangente sobre cerveja, nomeadamente:

- Conhecimento sobre a história e ingredientes de vários estilos de cerveja;
- Ingredientes e métodos de produção cervejeiros e como afetam o produto final;
- Comparar o aroma, sabor e aparência de uma cerveja com mais de 100 estilos reconhecidos pelo *BJCP Style Guidelines*;
- Identificar defeitos na cerveja, suas causas e formas de resolução;
- Alcançar a capacidade de cheirar, provar e analisar uma cerveja, identificando alguns defeitos, preencher a tabela de pontuação e oferecer ao cervejeiro sugestões para melhorar.

O programa de certificação *BJCP* consiste em três etapas: exame teórico *online*; exame prático presencial e obtenção de pontos de experiência. No entanto, ser juiz certificado *BJCP* não exige pré-requisitos obrigatórios.

Desde logo, o seu objetivo é promover a instrução e apreciação da verdadeira cerveja, bem como reconhecer competências de degustação e avaliação da cerveja. Sendo que, vão ser realizadas provas “cegas” a amostras de cerveja artesanal, por um painel de provadores. A implementação e consecutiva realização de um programa sensorial profissional (*Beer Judge Certification Program – BJCP*) contribui direta e indiretamente para o melhoramento da qualidade do produto, a fidelidade do consumidor, o sucesso da marca e, consequentemente, aumento dos lucros da empresa (Bickham et al., 2012).

O juiz certificado pelo *BJCP*, recorre a uma tabela de pontuação onde é feita uma descrição da amostra - *Beer Scoresheet* - para avaliar a cerveja em estudo. Quando se realiza uma prova sensorial, o provador começa por se identificar, a ele e à amostra de cerveja. Em seguida, passa à avaliação e cotação dos parâmetros sensoriais da cerveja e o reconhecimento de compostos físico-químicos (acetaldeído, diacetilo, ésteres, entre outros), descritos na lista à esquerda, acompanhados pela sua definição. Tudo isto é realizado pelo juiz BJCP, com o auxílio dos cinco sentidos: olfato, paladar, visão, audição e tato (Bickham et al., 2012; Tobergte & Curtis, 2013).

O consumidor não vai adquirir um produto qualquer, existem um conjunto de fatores que, devem ser preponderantes na seleção do mesmo, tais como: a aparência (cor, turvação, entre outros), aroma e sabor. No entanto, as cervejeiras podem recorrer a avaliações sensoriais efetuadas por profissionais (juizes reconhecidos pelo BJCP), que se baseiam nos seguintes fatores: aroma, aparência, sabor, sensações na boca e impressões gerais (Bickham et al., 2012; Briggs, Boulton, Brookes, & Steven, 2004; Hornsey & Britain, 1999; Kuck, 2008).

Aroma: conjunto de impressões olfativas demarcadas por compostos voláteis da cerveja, na boca, e compreendidos pelo nariz, através da via retronasal. Para estas sensações contribuem os: esteres, álcoois, dicetonas, compostos de enxofre e principalmente compostos provenientes das variedades de lúpulos utilizados na sua produção (Tobergte & Curtis, 2013).

Sabor: relacionado com os estímulos dos gomos gustativos, células recetoras olfativas, elementos táteis e térmicos da língua (onde existem milhões de pupilas gustativas) e da cavidade oral. Por norma, as substâncias que conferem sabor são polares, não voláteis e solúveis em água.

No final, com a soma da cotação atribuída a cada parâmetro, obtém-se uma cotação global que, cruzada com o guia de pontuação, permite fazer uma avaliação do enquadramento da cerveja no estilo inicialmente indicado (Bickham et al., 2012; Briggs et al., 2004; Hornsey & Britain, 1999; Kuck, 2008)

2. Objetivos do trabalho

A melhoria da qualidade de um produto, consiste em identificar as causas dos problemas e encontrar soluções para os mesmos, fazendo com que o produto apresente as características satisfatórias às necessidades/requisitos do consumidor e posteriormente manter as mesmas, ou seja, controlar a sua qualidade (Juran, 1988).

O principal objetivo do trabalho é identificar pontos críticos durante os processos de enchimento e armazenagem, que influenciem a estabilidade química e microbiológica da cerveja artesanal, durante o seu tempo de prateleira. Posto isto, pretende-se desenvolver estratégias para aumentar a qualidade, estabilidade e, conseqüentemente, o tempo de prateleira da cerveja artesanal.

2.1 Objetivos específicos

A partir de uma fermentação *ale*, produz-se a *Weiss (trigo)*, uma cerveja mais sensível à deterioração, por apresentar uma menor quantidade de lúpulo na receita e uma menor concentração de álcool no produto final. A *India Pale Ale* preserva melhor as suas qualidades, à exceção do perfil de lúpulo, que diminui ao longo do tempo. Deste modo, serão avaliadas um conjunto de variáveis de processo num lote de *Weiss* e *India Pale Ale*, ao longo de 18 semanas, com o intuito de compreender quais os parâmetros que mais afetam a estabilidade das cervejas artesanais ao longo do tempo de prateleira. Pretende-se, com uma correta planificação experimental, definir quais as estratégias de otimização a serem executadas no processo cervejeiro, de forma a melhorar a estabilidade sensorial deste produto com o decorrer do tempo.

Em primeiro lugar, pretende-se reconhecer as variáveis que influenciam, positiva ou negativamente, a estabilidade da cerveja engarrafada ao longo do tempo de prateleira. Deste modo, as variáveis selecionadas para este estudo, foram:

- Temperatura de armazenamento (4 °C e 37 °C);
- Pasteurização;
- Pré-evacuação com CO₂ no processo de enchimento;
- Refermentação em garrafa.

Numa segunda fase realizou-se as seguintes tarefas:

- Produção de um lote de cerveja *Weiss* e *India Pale Ale*;
- Realizar o processo de engarrafamento e posterior armazenamento, introduzindo as variáveis selecionadas;
- Controlar o produto ao longo do tempo, através de uma análise sensorial, onde se realizarão provas cegas dos dois tipos de cerveja (mediante regras de prova definidas pelo guia *BJCP*), quantificando parâmetros sensoriais, como: cor, sabor, aroma e textura. Por outro lado, serão quantificados um conjunto de parâmetros físico-químicos, tais como: pH, °Brix, velocidade de degradação da espuma e oxigénio dissolvido;
- Análise e tratamento dos dados dos parâmetros analisados, permitindo elaborar perfis de cada parâmetro ao longo do tempo;
- Determinar as alterações favoráveis, passíveis de serem introduzidas no processo cervejeiro, com o intuito de melhorar a estabilidade e qualidade da cerveja ao longo do seu tempo de prateleira.

3. Enquadramento do trabalho na empresa

3.1 Sobre a empresa – FermentUM

A FermentUM – Engenharia das Fermentações, Lda é um *spin-off* da Universidade do Minho, nasceu em 2011, por intermédio dos Engenheiros Filipe Macieira e Francisco Pereira, e direciona o seu trabalho na área agroalimentar e biotecnológica. A empresa, situada em Vila Verde, possui umas instalações com 600 m² e um quadro técnico altamente qualificado, trabalhando no sentido de soluções inovadoras, sobretudo em tecnologia de fermentações. Atualmente produzem cerveja artesanal e comercializando-a pelo nome da marca “Letra - Cerveja Artesanal Minhota”. A parceria com a Universidade do Minho permite um melhor controlo da qualidade e desenvolvimento de cervejas com características únicas, que podem ser degustadas através dos vários tipos de cerveja (Cerveja Letra, 2015; Público, 2015).

Atualmente, a empresa tem a capacidade mensal de produzir até 9 000 L de cerveja, dedicando atualmente 100 % da sua produção ao mercado interno.

Existem na Bélgica cerca de 100 empresas a produzir cervejas artesanais e em Espanha são 80 empresas. Em Portugal existem 20 marcas, como a Sovina (do Porto), a Vadia (de Oliveira de Azeméis), a Maldita (de Aveiro) ou a Amphora (de Póvoa do Lanhoso), sempre associadas à promoção de uma região (Público, 2015).

Os constantes esforços da empresa e investimentos na investigação e desenvolvimento tecnológico, com apoio do *CEB (Centre of Biological Engineering)* da Universidade do Minho, acabaram por ser reconhecidos com o prémio de Melhor Start-up do ano de 2013, no sector agro-industrial, pelo Ministério da Agricultura de Portugal (Público, 2015).

Atualmente, a empresa tem parcerias com outras entidades, como por exemplo a Quinta do Portal, que possibilita a produção de cervejas especiais, maturadas em barricas de carvalho.

3.2 “LETRA – Cerveja Artesanal Minhota”

A Cerveja *LETRA - Cerveja Artesanal Minhota* é fabricada através de métodos artesanais e ingredientes 100 % naturais, mais concretamente, a água (originária de Vila Verde), maltes (obtidos a partir de cereais, como o trigo, cevada, entre outros) e lúpulos (proveniente dos Estados Unidos e de outros pontos da Europa, sobre a forma de *pellets*). Esta cerveja, ao contrário das cervejas industriais, não é filtrada após fermentação, mas sofre um processo de decantação, não são adicionados corantes ou conservantes e não é pasteurizada. Desta forma, a cerveja vai exibir um carácter peculiar, com propriedades organoléticas mais intensas (aroma, sabor, cor, espuma) que, distinguem de qualquer outra cerveja produzida e consumida em Portugal (Cerveja Letra, 2015; Público, 2015).

Existem no mercado quatro variedades de Cervejas LETRA base, que são: a *LETRA A (Weiss)*, de trigo, baseada numa receita alemã; a *LETRA B (Pilsner)*, loira e obtida a partir de malte de 100% cevada; a *LETRA C (Stout)*, preta e com aroma a café e caramelo, tem cinco tipos de cereais e a *Letra D (Red Ale)*, ruiva, devido aos vários graus de torrefação dos grãos de cevada (Figura15).



Figura 15 Cerveja artesanal LETRA.

Além destas quatro Cervejas LETRA base, existem mais duas cervejas especiais: *LETRA F (IPA - India Pale Ale)*, com um amargor picante e aromas tropicais e cítricos, sustentada numa receita que terá surgido no Séc. XVIII e a *LETRA E (Belgian Dark)*, acastanhada, produzida segundo uma receita de origem belga (Cerveja Letra, 2015). A empresa pretende dar continuidade à produção de outras edições especiais da Cerveja LETRA, seguindo sempre a filosofia da *LETRA*.

Com a implementação da marca no mercado Nacional e Internacional, esta vai atrair cada vez mais consumidores, portugueses ou estrangeiros ao seu espaço de produção (aberto ao público, onde para além da fábrica, também contém uma cervejaria), trazendo riqueza e renome à empresa e à região.

3.3 Trabalho auxiliar ao projeto

- Projeção e tratamento de uma plantação de lúpulo;
- Participação e acompanhamento, ao pormenor, de todo o processo de produção e do processo de enchimento de cerveja artesanal;
- Organização e participação em eventos, para comercialização do produto e divulgação da marca;
- Atendimento ao cliente no espaço comercial “Letraria – Brewpub”.

4. Planificação experimental

Os fabricantes de cerveja analisam o produto final, bem como as matérias-primas e as etapas individuais do processo, uma vez que, estas têm um impacto crucial na qualidade da cerveja final. No entanto, os métodos que vão ser utilizados ao longo do trabalho são os de análise físico-química e de análise sensorial, sendo estes empregues na cerveja engarrafada e armazenada a 4 °C e 37 °C. É necessário haver este controlo, permitindo assim a identificação de possíveis erros, de forma a, se possível, serem corrigidos e fazendo chegar ao consumidor final, cerveja artesanal em excelentes condições.

Este trabalho teve início a 11 de abril de 2016 e perdurou 18 semanas. Inicialmente procedeu-se ao engarrafamento dos dois estilos de cerveja *ale* (alta fermentação) em estudo, *Weiss* e *India Pale Ale*. Foram engarrafadas 154 garrafas (0,33 L) de cada tipo de cerveja (Tabela 2). No decorrer de toda a atividade experimental, foram utilizados os mesmos lotes de cerveja.

Deste modo, procedeu-se ao estudo da influência das variáveis (temperatura de armazenamento, refermentação em garrafa, pasteurização e dupla pré-evacuação com CO₂ no enchimento) apresentadas na qualidade da cerveja artesanal ao longo do período de prateleira, estando esta submetidas a temperaturas de armazenamento extremas. No caso da pasteurização, foi criado um sistema, sendo este, empregue após a cerveja estar engarrafada. Este sistema consiste em mergulhar em água as garrafas de cerveja, numa “panela”, sendo esta aquecida através de um fogão a gás. Recorre-se a uma bomba para permitir a circulação da água quente, fazendo esta cair sobre as garrafas sobre a forma de chuveiro, permitindo deste modo homogeneizar a temperatura da água. Neste processo, a unidade de pasteurização por minuto (UP/min) utilizada foi igual a 1 (temperatura da água foi de 60 °C). No entanto, e após a realização de testes de plaqueamento em meio *Yeast Peptone Dextrose* (YPD), verificou-se que a pasteurização só seria eficiente se as garrafas fossem submetidas a uma temperatura de 60 °C, por um período de 12 minutos ($UP=12$, $UP = t \times 1.393^{(T-60)}$) (Pasteuriza, 2008; Esslinger, 2009). Relativamente à dupla pré-evacuação com azoto no enchimento, a garrafa é colocada nos bicos da máquina de enchimento manual e depois o manípulo é baixado uma primeira vez, sendo injetado CO₂ e espuma, de seguida sobe-se, retirando o oxigénio presente na garrafa e por fim baixa-se uma segunda vez, deixando a garrafa encher com cerveja. Por fim, a refermentação consiste na introdução de 5 g/L de açúcar na cerveja, e posterior enchimento das garrafas, onde

a levedura residual vai consumir esse açúcar e formar o gás natural de uma refermentação em garrafa.

Tabela 2 Número total de garrafas e respetivos litros a engarrafar, para cada a Weiss e India Pale Ale, tendo em conta as variáveis em estudo

Variáveis	Testes Experimentais	Estilo de cerveja artesanal			
		Weiss		India Pale Ale	
		4 °C	37 °C	4 °C	37 °C
Pasteurização	°Brix; Oxigénio Dissolvido; pH	2	2	2	2
	Espuma	1	1	1	1
Dupla Pré-evacuação com CO ₂	°Brix; Oxigénio Dissolvido; pH	2	2	2	2
	Espuma	1	1	1	1
Refermentação	°Brix; Oxigénio Dissolvido; pH	2	2	2	2
	Espuma	1	1	1	1
Sensorial	Painel Treinado	1	1	1	1
Número de garrafas		11	11	11	11
Número total de garrafas para cada temperatura de armazenamento (t ₀ a t ₆)		77	77	77	77
Número total de garrafas		154		154	
Volume, V/L		50,82		50,82	

*Os números 2 e 1 correspondem ao número de garrafas (0,33 L) de Weiss e India Pale Ale, respetivamente.

As amostras correspondentes ao t₀ foram analisadas no dia 18 de abril, repetindo o processo de 3 em 3 semanas, relativamente às restantes amostras. Onde foi avaliado o °Brix, o oxigénio dissolvido na cerveja, o pH e a velocidade de degradação da espuma.

4.1 Materiais

Para a realização desta experiência foram utilizadas 308 garrafas, com uma capacidade 0,33 L. Sendo estas as que a empresa adotava no momento do engarrafamento das cervejas a utilizar no estudo. Nesta secção apresentam-se os principais materiais utilizados na pasteurização, dupla pré-evacuação, refermentação.

Na Pasteurização montou-se um sistema (Figura 16) que permitiu colocar as garrafas de cerveja num recipiente de aço inox, fácil de aquecimento, fogão, bomba, tubagem e termómetro. No entanto, foram realizados testes laboratoriais, com o objetivo de descobrir quantas Unidades de Pasteurização (UP) se terão de utilizar no processo de pasteurização. Para tal, recorreu-se a uma câmara de fluxo laminar, pipeta de *Pasteur*, espalhador e meio sólido YPD (2 g/L glucose, 1 % extrato de levedura, 2 g/L peptona, 2 g/L agár).



Figura 16 Mecanismo utilizado para realização da pasteurização das respetivas amostras, referentes ao estilo de cerveja Weiss e India Pale Ale.

Dupla Pré-evacuação consiste na técnica de encher duas vezes a garrafa com CO₂ antes de efetuar o enchimento da cerveja. Esta é empregue pela empresa no processo de enchimento manual.

Na **refermentação** utilizou-se açúcar (sacarose), na concentração de 5 g/L .

4.2 Método para atingir as Unidades de Pasteurização (UP)

Antes de se ter realizado a pasteurização das amostras em estudo, o processo foi testado em três amostras de cerveja *Weiss*, a qual cada uma foi submetida a diferentes unidades de pasteurização (6, 12 e 18). Em seguida, realizou-se, na câmara de fluxo laminar, um espalhamento de cada amostra numa placa YPD, meio rico mais utilizado para crescimento de fungos e leveduras. Aguardando, aproximadamente 5 dias, pelo resultado.

4.3 Métodos de análise físico-química

Para este trabalho, foi estipulado a análise do °Brix, pH, velocidade de degradação da espuma e oxigénio dissolvido, visto que, estes variam facilmente no decorrer do processo de produção e durante o seu armazenamento, tendo grande influência na qualidade organolética da cerveja e, consequentemente, na satisfação do cliente. Deste modo, os parâmetros previamente selecionados, serão avaliados da seguinte forma:

4.3.1 Análise do °Brix

O °Brix fornece o conteúdo de sólidos em uma solução aquosa, sendo que, no caso da cerveja, este vai indicar o conteúdo de açúcar (composto solúvel maioritário) presente na cerveja. A sua escala, desenvolvida por Adolf Brix (1800), corresponde à percentagem de sólido dissolvido em solução. Desta forma, 100 g de solução que mede 50 °Brix têm 50 g de açúcar e outros sólidos dissolvidos e 50 g de água. O °Brix pode ser medido, fácil e com confiança, através de um refratômetro (Figura 17). Este aparelho mede o índice de refração de uma solução, para cálculo de sólidos solúveis. No fabrico de cerveja, o °Brix pode ser usado para controlar a fermentação (Kleinhenz, 2012).



Figura 17 Refratômetro digital.

4.3.2 Análise do pH

Para medir o pH, recorreu-se a um medidor (Figura 18), apresentando uma precisão de $\pm 0,02$ unidades, uma resolução de 0,01 unidades e com um sensor automático de temperatura (Sera, 2014; Esslinger, 2009).

Esta análise desempenha um papel importante no controlo da qualidade da cerveja, visto que, o pH influencia a atividade enzimática, sendo um excelente indicador de vários problemas (por exemplo, dificuldades de fermentação e deterioração microbiológica da cerveja). O pH de uma solução indica o grau de acidez ou de alcalinidade relativa para a ionização da amostra de água. A sua medição consiste na comparação entre o potencial das soluções com a concentração de H^+ e um potencial de referência conhecido (água pura contém uma $[H^+]=[OH^-]=10^{-7}$ mol/L, logo, o pH da água é neutro e igual a 7).



Figura 18 Aparelho de medição do pH (PCE-PHD 1).

4.3.3 Velocidade de degradação da espuma

Depois de formada, a estabilização da espuma consiste na avaliação da resistência que esta tem ao longo do tempo. A sua estabilidade é influenciada positivamente com a adição de lúpulo e do recurso a estabilizantes como o alginato de propilenoglicol. Para aumentar capacidade de formação de espuma pode ser recorrer a catiões, no entanto, estes promovem a oxidação da cerveja (Esslinger, 2009).

O método de *Rudin*, pode ser utilizado para determinar a velocidade de degradação e consequentemente a estabilidade da espuma da cerveja. Para tal, utilizar-se-á um *Foam-Analyzer* (*FA*) (Figura 19), construído em acrílico com difusor na base, para injeção de CO_2 . Este método, definido pela empresa, consiste na introdução de uma pequena quantidade de cerveja num tubo, de seguida, essa porção de cerveja é convertida em espuma, através da injeção de CO_2 a 0,1 bar. Posteriormente, é realizada a medição do tempo que a espuma demora a colapsar ao longo do comprimento definido *FA*. Sendo que, quanto maior o período de tempo, menor a velocidade de degradação e maior a estabilidade da espuma (Bamforth, 2003).



Figura 19 Sistema de medição da velocidade de degradação da espuma de cerveja (*FA*).

4.3.4 Análise do oxigénio dissolvido

O oxigénio presente na cerveja encontra-se em concentrações reduzidas, quando comparado com CO_2 . No entanto, a sua medição é da extrema importância, visto que, o oxigénio dissolvido na cerveja engarrafada promove a detioração do sabor, aroma, entre outras qualidades e, consequentemente, aparecimento de sabor a ranço e redução do tempo de prateleira (Bamforth, 2003; Esslinger, 2009).

Para medir o oxigénio dissolvido, recorreu-se a um medidor *PCE-PHD 1*, com uma sonda ou sensor polarográfico (elétrodo Clark) (Figura 20), em que o oxigénio se difunde através de uma

membrana e é reduzido num elétrodo. Este equipamento portátil de medição de oxigénio dissolvido apresenta uma precisão de $\pm 0,4$ mg/L, $\pm 0,7$ % e $\pm 0,8$ °C e uma resolução de 0,1 mg/L, 0,1 % e 0,1 °C (Sera, n.d.; Esslinger, 2009).

Neste sistema de medição, injetou-se um gás inerte (azoto) a 2 bar, fazendo passar cerveja pela tubagem, chegando à sonda de medição de oxigénio, deixa-se estabilizar durante 5 minutos. Este procedimento realizou-se em triplicado.



Figura 20 Sistema de medição de oxigénio dissolvido na cerveja.

4.4 Métodos de análise sensorial

A realização de estudos sensoriais existe desde que, os seres humanos avaliavam a qualidade da água, comida, armas, entre outros, que pode ser utilizado e consumido. Com o passar dos anos e com o desenvolvimento da sociedade, foram aumentando as trocas comerciais e surgindo a necessidade de avaliações ligeiramente mais formais. A análise sensorial é um dos instrumentos disponíveis que servem os interesses económicos, ou seja, para determinar a aceitação da cerveja, o desenvolvimento de novos produtos, estudo de vida de prateleira, determinação das diferenças e semelhanças entre cervejas concorrentes, identificação de preferências, e para a otimização e melhoria da qualidade. Esta análise baseia-se em perceções das sensações recebidas, da interpretação cerebral efetuada pelo painel de sensorial e posterior tratamento de dados. A avaliação sensorial é efetuada de forma científica, utilizando os órgãos

sensoriais (visão, gustação e olfato) de um painel de provadores, integrado por um grupo de pessoas especializadas (Matos, 2011; Cerveja Magazine, 2015).


4.4.1 Painel de provadores

Na análise sensorial deste trabalho, o painel de provadores era constituído por dois elementos, juízes reconhecidos pelo *BJCP*, ambos do sexo masculino e com 37 anos de idade.


4.4.2 Procedimento e parâmetros sensoriais

Antes do painel treinado avaliar as cervejas em estudo, vários aspetos devem ser respeitados, tais como: o juiz não pode estar condicionado (problemas de saúde, entre outros); as provas não podem ser realizadas em seguimento de uma refeição; as cervejas devem permanecer por um período de tempo no frio (aproximadamente 4 °C), antes de serem degustadas; as garrafas de cerveja devem apenas estar identificadas com o estilo de cerveja, de forma a não influenciar a avaliação por parte do juiz; as provas devem ser realizadas em locais apropriados (sem influência de odores, temperatura, luz, ruído, entre outros) (Bickham et al., 2012; Briggs, Boulton, Brookes, & Steven, 2004; Hornsey & Britain, 1999; Kuck, 2008).

Os parâmetros que foram avaliados pelo painel de provadores, foram: formação e estabilidade da espuma, cor, aparência (limpidez), aroma, sabor e sensação na boca (textura). Sendo que, foram ser classificados, pelo provador, com recurso à *Beer Scoresheet* (Figura 21).



BEER SCORESHEET



<http://www.bjcp.org>
<http://www.homebrewersassociation.org>

Judge Name (print) _____

Judge BJCP ID _____

Judge Email _____

Use Avery label # 5160

BJCP Rank or Status:

☐ Apprentice
☐ National
☐ Honorary Master
☐ Provisional Judge

☐ Recognized
☐ Master
☐ Honorary GM
☐ Rank Pending

☐ Certified
☐ Grand Master
☐ Mead Judge

Non-BJCP Qualifications:

☐ Professional Brewer
☐ Certified Cicerone
☐ Sensory Training

☐ Beer Sommelier
☐ Master Cicerone
☐ Other _____

Descriptor Definitions (Mark all that apply):

- ☐ **Acetaldehyde** – Green apple-like aroma and flavor.
- ☐ **Alcoholic** – The aroma, flavor, and warming effect of ethanol and higher alcohols. Sometimes described as *hot*.
- ☐ **Astringent** – Puckering, lingering harshness and/or dryness in the finish/aftertaste; harsh graininess; huskiness.
- ☐ **Diacetyl** – Artificial butter, butterscotch, or toffee aroma and flavor. Sometimes perceived as a slickness on the tongue.
- ☐ **DMS (dimethyl sulfide)** – At low levels a sweet, cooked or canned corn-like aroma and flavor.
- ☐ **Estery** – Aroma and/or flavor of any ester (fruits, fruit flavorings, or roses).
- ☐ **Grassy** – Aroma/flavor of fresh-cut grass or green leaves.
- ☐ **Light-Struck** – Similar to the aroma of a skunk.
- ☐ **Metallic** – Tinny, coin, copper, iron, or blood-like flavor.
- ☐ **Musty** – Stale, musty, or moldy aromas/flavors.
- ☐ **Oxidized** – Any one or combination of stale, winy/vinous, cardboard, papery, or sherry-like aromas and flavors.
- ☐ **Phenolic** – Spicy (clove, pepper), smoky, plastic, adhesive strip, and/or medicinal (chlorophenolic).
- ☐ **Solvent** – Aromas and flavors of higher alcohols (fusel alcohols). Similar to acetone or lacquer thinner aromas.
- ☐ **Sour/Acidic** – Tartness in aroma and flavor. Can be sharp and clean (lactic acid), or vinegar-like (acetic acid).
- ☐ **Sulfur** – The aroma of rotten eggs or burning matches.
- ☐ **Vegetal** – Cooked, canned, or rotten vegetable aroma and flavor (cabbage, onion, celery, asparagus, etc.).
- ☐ **Yeasty** – A bread, sulfury or yeast-like aroma or flavor.

Category # _____ **Subcategory (a-f)** _____ **Entry #** _____

Subcategory (spell out) _____

Special Ingredients: _____

Bottle Inspection: ☐ Appropriate size, cap, fill level, label removal, etc.

Comments _____

Aroma (as appropriate for style) _____ /12
 Comment on malt, hops, esters, and other aromatics

Appearance (as appropriate for style) _____ / 3
 Comment on color, clarity, and head (retention, color, and texture)

Flavor (as appropriate for style) _____ /20
 Comment on malt, hops, fermentation characteristics, balance, finish/aftertaste, and other flavor characteristics

Mouthfeel (as appropriate for style) _____ / 5
 Comment on body, carbonation, warmth, creaminess, astringency, and other palate sensations

Overall Impression _____ /10
 Comment on overall drinking pleasure associated with entry, give suggestions for improvement

Total _____ /50

SCORING GUIDE

Outstanding	(45 - 50): World-class example of style.	Stylistic Accuracy					
Excellent	(38 - 44): Exemplifies style well, requires minor fine-tuning.	Classic Example	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Very Good	(30 - 37): Generally within style parameters, some minor flaws.	Flawless	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Good	(21 - 29): Misses the mark on style and/or minor flaws.	Wonderful	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fair	(14 - 20): Off flavors/aromas or major style deficiencies. Unpleasant.	Not to Style	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Problematic	(00 - 13): Major off flavors and aromas dominate. Hard to drink.	Technical Merit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Intangibles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Significant Flaws	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Lifeless	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

BJCP Beer Scoresheet Copyright © 2012 Beer Judge Certification Program rev. 120213
 Please send any comments to Comp_Director@BJCP.org

Figura 21 Folha de prova - Beer Scoresheet (Beer Judge Certification Program).

5. Exposição e discussão de resultados

Para avaliação da repetição das medidas efetuadas ao longo da experiência, efetuou-se a análise dos diferentes parâmetros ($^{\circ}\text{Brix}$, pH, oxigénio dissolvido, velocidade de degradação da espuma, sensibilidade humana), com a realização de uma análise em triplicado, em cada amostra (deste a amostra padrão, $t=0$, ao $t=6$, ou seja, $n=7$), de dois estilos de cerveja artesanal diferentes (*Weiss* e *India Pale Ale*). Ambos os estilos de cerveja artesanal em estudo foram submetidos a 3 diferentes processos de tratamento (pasteurização, dupla pré-evacuação com CO_2 e refermentação), sendo que, estas foram armazenadas, num período de 126 dias, em diferentes condições de temperatura (4°C e 37°C).

5.1 $^{\circ}\text{Brix}$

O $^{\circ}\text{Brix}$ corresponde ao conteúdo de sólidos numa solução aquosa. No entanto, no caso da cerveja, o açúcar é o composto solúvel maioritário (Kleinhenz, 2012; Mignani, 2013). Sabendo que o etanol tem influência na leitura do $^{\circ}\text{Brix}$, este fator foi negligenciado, uma vez que, esta comparação foi realizada em todas as amostras de cerveja e as mesmas conterem o mesmo teor alcoólico. Em seguida apresentam-se os resultados para cada uma das cervejas em estudo.

5.1.1 *Weiss*

A Figura 22 apresenta os resultados de $^{\circ}\text{Brix}$ para a cerveja artesanal do tipo *Weiss*, armazenada a 4°C e a 37°C .

Através do gráfico representado na Figura 22, verificou-se que a temperatura de armazenamento da cerveja artesanal do estilo *Weiss* teve influência nos valores do $^{\circ}\text{Brix}$, uma vez que, as amostras conservadas a 4°C , apresentaram pouca variação, já as armazenadas a 37°C , exibiram uma redução significativa do $^{\circ}\text{Brix}$ ao longo do tempo. Analisando os fatores que

influenciam a estabilidade observa-se que a refermentação a 37 °C teve um decréscimo do °Brix de $6,5 \pm 0,0$ (tempo inicial) para $5,0 \pm 0,0$ (tempo final de 126 dias).

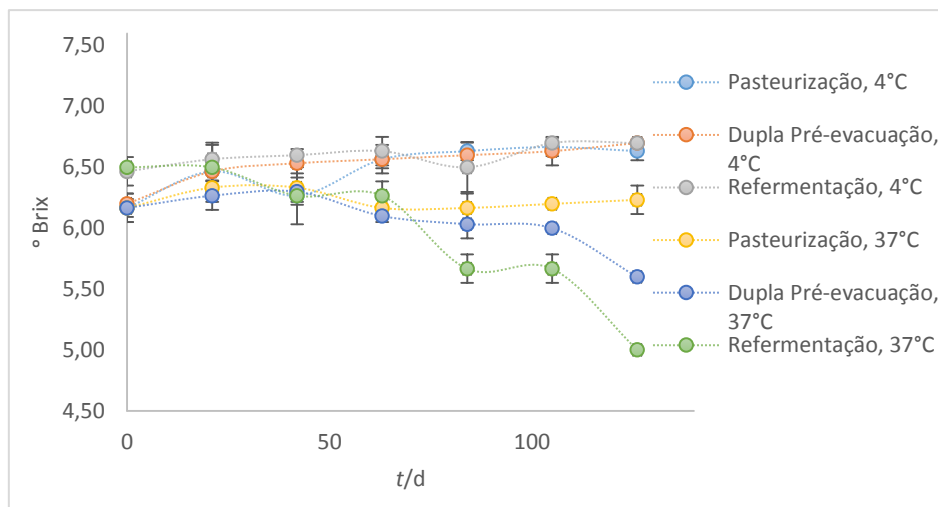


Figura 22 Representação gráfica da variação do °Brix, referente às amostras de cerveja do estilo Weiss armazenadas a 4 °C e a 37 °C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.

Este perfil está de acordo com o esperado uma vez que na refermentação se adicionou açúcar ativando novamente o metabolismo da levedura e promovendo dessa forma a sua assimilação. Também para 37 °C, verifica-se que o processo de pasteurização resultou num menor abaixamento do °Brix o que significa que as leveduras ficaram inativas devido ao calor perdendo a capacidade para assimilar açúcares.

Através do gráfico da Figura 22, verificou-se que, o valor de °Brix para as amostras Weiss armazenadas a 4 °C sofreu ligeiras oscilações, mantendo-se entre os 6,00 e os 6,70, referente às três variáveis em estudo. Porém, os valores do °Brix foram aumentando ao longo do tempo, isto para todas as variáveis. No entanto, relativamente às amostras pasteurizadas, identificou-se um *outlier*, no ponto referente a 40 dias após o início da experiência. Pode afirmar-se que a 4 °C as variações metabólicas são reduzidas o que indica que a esta temperatura poderá observar-se uma maior estabilidade.

No mesmo gráfico, observou-se que, para uma temperatura de armazenamento de 37 °C, os valores de °Brix correspondentes à variável pasteurização, permanecem constantes ao longo do tempo, indicador de inexistência de refermentação, ou seja, não verificou atividade por parte das leveduras.

No caso das amostras referentes à variável dupla pré-evacuação, os valores mantêm-se constantes, até ao 42 ° dia de armazenamento na sala quente, começando a diminuir até ao final

da experiência, onde apresentou um valor mínimo de $5,60 \pm 0,00$. Para estas condições, verificou-se atividade por parte da levedura (refermentação), onde esta utilizou possivelmente açúcares residuais, que existam na cerveja final.

Relativamente à variável refermentação, o °Brix da amostra padrão foi superior ao das restantes variáveis, chegando a manter-se nos $6,50 \pm 0,10$ durante 21 dias, iniciando de seguida a sua diminuição. Sendo que, para as amostras correspondentes às variáveis – dupla pré-evacuação e refermentação, o consumo dos açúcares fermentescíveis, por parte das leveduras presentes nas amostras de cerveja, ou seja, as amostras sofreram o processo de refermentação na garrafa, pode estar na origem da diminuição dos valores de °Brix, anteriormente referido. Contudo, relativamente à variável refermentação, ocorreu uma acentuada diminuição do valor de °Brix, dos $6,50 \pm 0,10$ para $5,00 \pm 0,00$. Verificou-se que, a refermentação da cerveja, armazenada a 37 °C, ocorreu de forma mais ativa passado 21 dias do início da experiência. Por outro lado, a diminuição do valor de °Brix, pode estar correlacionada com um aumento da pressão interna da garrafa (amostra Weiss, armazenada a 37 °C, após oitenta e quatro dias de prateleira), visto que, ao realizar a leitura deste ponto, ao abrir a garrafa a mesma tinha muito gás e era difícil de controlar a quantidade de espuma que saía da mesma. Este fenómeno indica que a cerveja refermentou na garrafa, levando a uma maior produção de CO₂ e consequente aumento da pressão interna (Sousa, 2014; Priest, 2006).

5.1.2 *India Pale Ale*

Relativamente ao estilo de cerveja *India Pale Ale*, constatou-se, a partir do gráfico da Figura 23, que os valores de °Brix, para as amostras a 4 °C, mantêm-se constantes e de valor superior face às amostras armazenadas a 37 °C, que no entanto também permaneceram constantes com o tempo.

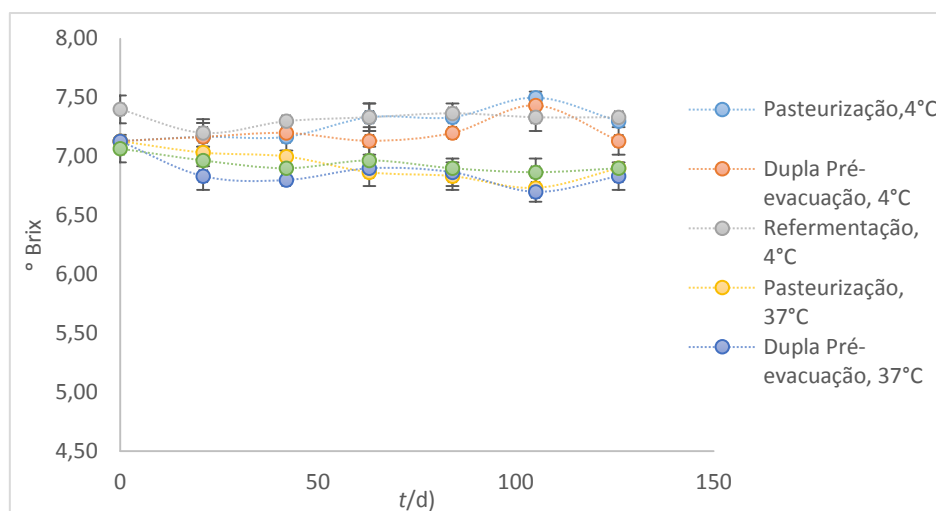


Figura 23 Representação gráfica da variação do °Brix, referente às amostras de cerveja do estilo *India Pale Ale* armazenadas a 4 °C e a 37 °C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.

Relativamente ao estilo de cerveja *India Pale Ale*, armazenado a 4 °C, constatou-se que os resultados do °Brix, para as três variáveis em estudo e armazenadas na câmara fria ao longo dos 126 dias do projeto, mantêm-se constantes, ainda que com algumas oscilações. Após 126 dias de prateleira, para as amostras armazenadas a 4°C, verificou-se um ligeiro decréscimo destes valores, apenas para as variáveis: pasteurização e dupla pré-evacuação. Sendo que, no 126º dia de estágio, o valor de °Brix foi de $7,30 \pm 0,00$ e $7,10 \pm 0,10$, para as variáveis pasteurização e dupla pré-evacuação, respetivamente.

No caso das amostras de cerveja artesanal *India Pale Ale*, armazenadas na sala quente (37 °C), Figura 23, verificou-se uma ligeira diminuição do °Brix, ainda com algumas oscilações, ao longo do tempo. No entanto, para as amostras pasteurizadas, essa pequena diminuição foi apenas observada após quarenta e três dias de prateleira. Para as amostras relativas à variável refermentação, era esperada uma maior diminuição do °Brix, ou seja, uma maior atividade e consumo do açúcar adicionado à cerveja pela levedura, o que não se verifica, como comprova o gráfico anterior. Uma vez que, a concentração de açúcar alimentar adicionada seria muito “suave” (5 g/L), o refratômetro digital pode não ter precisão suficiente para detetar a percentagem de sólidos (açúcar, visto que, encontra-se em maior quantidade). Sendo o °Brix influenciado pelo álcool presente na cerveja, sugere-se, para trabalhos futuros, a medição do °Plato ou gravidade específica (SG) (Kleinhenz, 2012).

Segundo Gaddy e Wiebe, quanto maior a temperatura de um líquido, menor a quantidade de gás dissolvido no mesmo (Gaddy e Wiebe, 1940). Deste modo, o aumento da pressão interna da garrafa pode estar relacionado com o aumento da temperatura justificando o observado para

todos os parâmetros em estudo. Este excesso de gás foi observado principalmente nas amostras a 37 °C, influenciando negativamente as características organoléticas da cerveja (Priest, 2006).

Comparando as cervejas do tipo *Weiss* e do tipo *India Pale Ale*, para as duas temperaturas de armazenamento (37 °C e 4 °C), verifica-se que existe uma maior variação dos valores do °Brix para a cerveja *Weiss* (Figura 22), o que pode indicar uma maior sensibilidade da levedura e respetiva cerveja a variações de temperatura.

5.2 pH

O pH tem grande influência na qualidade e características sensoriais finais da cerveja artesanal. A cerveja deve apresentar valores de pH correspondidos entre 4,3 a 4,6 para uma melhor estabilidade microbiológico ao longo do seu tempo de prateleira. Devendo-se evitar, para estilos de cerveja em análise, valores de pH abaixo de 4,2, uma vez que, conferem um sabor ácido à cerveja final. Já o aumento do pH, posteriormente à fermentação, pode indicar a autólise da levedura (Tobergte & Curtis, 2013; Esslinger, 2009; Bamforth, 2003) .

5.2.1 *Weiss*

Na seguinte Figura esta representada a variação do pH, para as cervejas do estilo *Weiss*, armazenadas a 4 °C e a 37 °C.

Pelo gráfico da Figura 24, observou-se que as amostras guardadas na câmara fria (4 °C) apresentaram uma menor variação ao longo do tempo de prateleira, comparativamente às armazenadas a 37 °C. Para ambas condições de armazenamento e para as três variáveis em análise, os valores de pH encontram-se entre os indicados na bibliografia (Tobergte & Curtis, 2013; Esslinger, 2009; Bamforth, 2003).

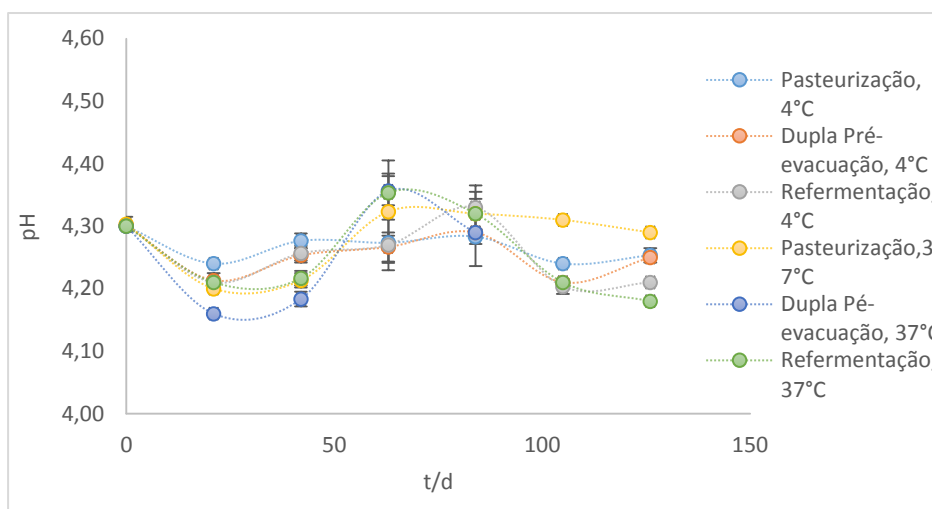


Figura 24 Representação gráfica da variação do pH, referente às amostras de cerveja do estilo Weiss armazenadas a 4 °C e 37 °C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.

Relativamente às três variáveis testemunhou-se um ligeira oscilação para os valores de pH, entre 4,20 e os 4,40, justificável pelo erro de leitura do aparelho de medição. De certa forma, após sessenta e três dias de prateleira a 4 °C , o pH diminuiu, a origem deste acontecimento pode ser uma consequência de uma possível refermentação na garrafa. O mesmo averiguou-se, com maior evidência, para as variáveis dupla pré-evacuação e refermentação, após o mesmo tempo de armazenamento, mas a 37 °C. Este processo estimula a produção de ácido carbónico (H_2CO_3) (originado um aumento de CO_2 em solução).

No entanto, existem quatro pontos (as amostras padrão das variáveis refermentação e dupla pré-evacuação, a amostra t=126 dias da variável refermentação e a amostra pasteurizada após vinte e um dias de prateleira a 37°C) fora do intervalo referenciado (abaixo dos 4,20). Neste caso, constatou-se que, relativamente as variáveis pasteurização, dupla pré-evacuação e refermentação após 63 dias de armazenamento na sala quente, o pH das amostras foi baixando ao longo do tempo, indicador de refermentação ou da presença de ácido carbónico. No entanto, para as amostras referentes à variável dupla pré-evacuação, o mesmo se sucedeu mas a partir de 105 dias de prateleira (Tobergte & Curtis, 2013; Esslinger, 2009; Bamforth, 2003).

5.2.2 *India Pale Ale*

Na Figura 25, apresenta-se os valores de pH referentes ao estilo de cerveja *India Pale Ale*, armazenadas às temperaturas em estudo.

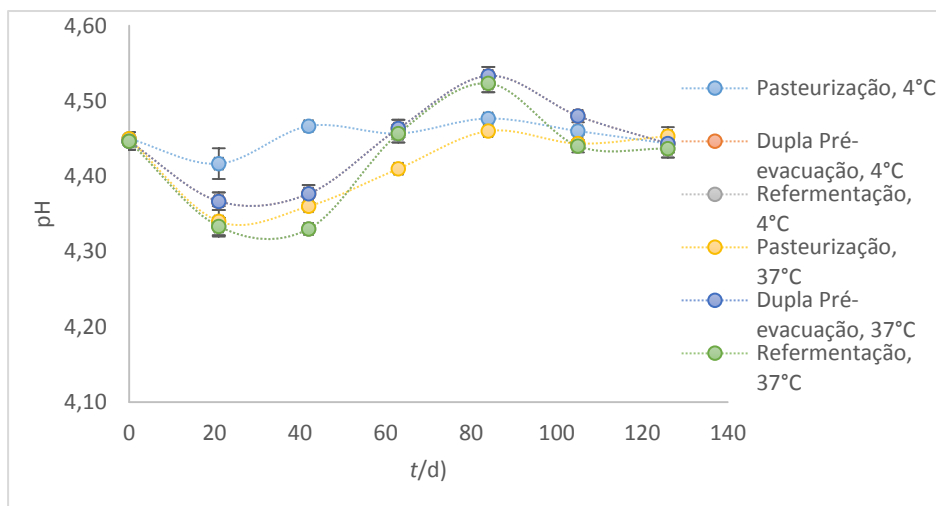


Figura 25 Representação gráfica da variação do pH, referente às amostras de cerveja do estilo *India Pale Ale* armazenadas a 4 °C e 37 °C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.

Averiguou-se que os valores de pH obtidos para as amostras pasteurizadas e armazenadas na câmara fria, apresentaram resultados mais constantes, comparativamente às restantes variáveis em estudo.

Observando o gráfico apresentado na Figura 25, tal como ocorreu no tipo de cerveja *Weiss*, armazenada na câmara fria, o pH correspondente às três variáveis em análise, sofreu algumas oscilações ao longo do tempo de prateleira, algo justificado pelo erro de leitura do aparelho de medição.

Em ambos os casos de armazenamento, após oitenta e quatro dias de prateleira, o valor de pH volta a diminuir, atingindo valores próximos do 4,40. No entanto, verifica-se que este aumento é mais notório para as variáveis dupla pré-evacuação e refermentação. Constatou-se assim uma refermentação em garrafa, impulsionada pela ativação da levedura e pela presença de açúcares residuais (em maior quantidade, no caso das amostras à qual foi adicionado açúcar). Esta diminuição do pH, deve-se à existência de refermentação, promovendo a produção de ácidos orgânicos e ácido carbónico (Tobergte & Curtis, 2013; Esslinger, 2009; Bamforth, 2003).

Para as amostras pasteurizadas e armazenadas a 4 °C, a oscilação do pH foi menos evidente, comparativamente às restantes variáveis e condições de armazenamento. No caso das

amostras pasteurizadas e guardadas a 37 °C, após 84 dias de prateleira, o pH permaneceu constante. O que demonstra eficiência, a nível do processo de pasteurização, ou seja, não se verificou atividade de microrganismos.

Em ambos os estilos de cerveja em estudo, para as duas condições de armazenamento e para as três variáveis, sobretudo no caso das amostras em que se observou refermentação na garrafa, estariam associados a uma diminuição do pH e um aumento da pressão interna (muito gás ao abrir a garrafa, devido a elevadas quantidades de CO₂), pode estar relacionado com o aumento de reações de oxidação e pela elevada temperatura de armazenamento das amostras, uma vez que, a pressão interna era consideravelmente superior, no caso em que as garrafas foram armazenadas a 37 °C, (Heuberger et al., 2012). Por outro lado, o decréscimo do pH, que se observou para as três variáveis em investigação, após 84 dias de prateleira para as amostras armazenadas guardadas a 37 °C e para as variáveis: dupla pré-evacuação e refermentação, armazenadas a 4 °C, esteve associado a uma refermentação da cerveja no interior da garrafa. No fabrico e armazenamento, se for o caso, de cerveja artesanal, a levedura, em alguns casos leveduras selvagens contaminantes, podem ser responsáveis por produzir diversos compostos, tais como ácidos orgânicos, através de processos bioquímicos complexos (Tobergte & Curtis, 2013). Deste modo, a levedura vai consumir o excesso de açúcar e produzir uma quantidade excessiva de ácidos, com conseqüente diminuição do pH ao longo do restante tempo de prateleira, no entanto o painel sensorial não detetou qualquer tipo de *off-flavor* devido a contaminação, assim o excesso de gás observado pode ter resposta na elevada temperatura de armazenamento expandindo o gás ou numa eventual refermentação de açúcares residuais presentes na cerveja final.

Segundo Lewis e Young (2009), existem fungos que conseguem desenvolver-se em meios com temperaturas entre os 2 e 40 °C e pH entre 2 e 9. Podendo estes produzir proteases que digerem as proteínas da cerveja, afetando assim a cor, o sabor, a aparência, o pH e a espuma da cerveja final (Wolf-Hall, 2007). Tal como foi referido anteriormente, a contaminação e/ou turvação não foi detetada pelo painel provadores no decorrer da análise sensorial, como se pode constatar na secção - 5.5 Parâmetros sensoriais (organoléticos) (Magnuson & Lasure, 2004; Tobergte & Curtis, 2013; Esslinger, 2009; Bamforth, 2003; Hornsey & Britain, 1999).

Desta forma, a partir da Figura 26, observou-se que as amostras e cerveja em garrafa de vidro (33 cl) submetidas a 60 °C durante doze e dezoito minutos, não apresentavam crescimento

de colônias nas respectivas placas, verificando-se que, as doze unidades de pasteurização foram o suficiente para inativar as leveduras existentes na cerveja. Este resultado veio a ser comprovado, a partir dos resultados do °Brix e pH, obtidos para ambos estilos de cerveja em estudo, armazenados em diferentes temperaturas (Figura 22, 23, 24 e 25). Uma vez que , estes parâmetros analisados, se apresentavam constantes ao longo do tempo de prateleira, sem oscilações significativas, indicador de que a levedura estaria inativa.

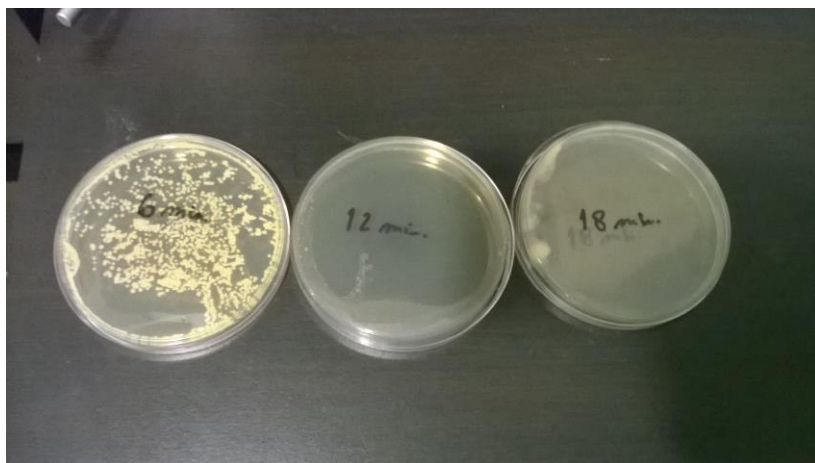


Figura 26 Placas YPD inoculadas com cerveja artesanal pasteurizada a diferentes UP e respetiva contaminação microbiológica. Na da esquerda as UP utilizadas foram 6, a do meio UP=12 e a da direita UP=18.

5.3 Oxigénio dissolvido

No processo de produção cervejeiro, oxigénio é utilizado para arejar o mosto (20 mg O₂/L) possibilitando à levedura as condições ótimas, para o seu crescimento e assimilação de nutrientes fundamentais para realizar a fermentação. Após se obter a cerveja final, esta deve ser protegida do oxigénio, principalmente nas fases posteriores à fermentação (no final desta fase o concentração de O₂ deve rondar os 0,01 mg/L), pois este é responsável por reações de oxidação de vários compostos, originando uma cerveja com sabor alterado (Mestrado, 2008; Esslinger, 2009).

5.3.1 Weiss

Nos gráficos representados pelas Figuras 27 e 28, observou-se que as amostras do estilo Weiss, armazenadas na sala quente (37 °C) e na câmara fria (4 °C), apresentaram um perfil de percentagem de oxigénio ao longo do tempo muito idêntico para as três varáveis em estudo. Deste

modo, para ambas as temperaturas de armazenamento e para as três variáveis, a percentagem de oxigénio dissolvido na cerveja artesanal, estilo *Weiss*, aumentou ao longo do tempo.

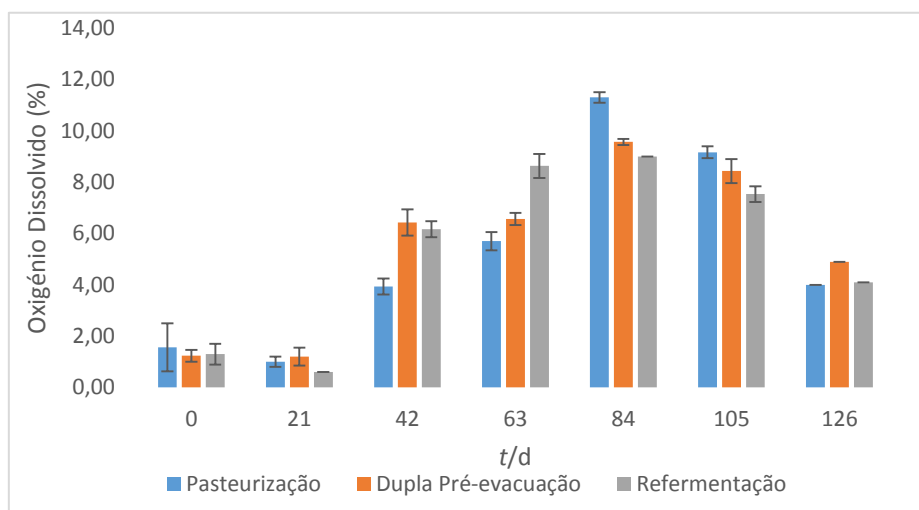


Figura 27 Representação gráfica da variação do oxigénio dissolvido, referente às amostras de cerveja do estilo *Weiss* armazenadas a 4 °C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.

No entanto, para as amostras guardadas a 4 °C, atingiu-se um máximo ao 84 ° dia de prateleira, correspondendo a 11,30 % \pm 0,20 %, 9,57 % \pm 0,12 % e 9,00 % \pm 0,00 % de oxigénio em uma garrafa (0,33 L), para as variáveis pasteurização, dupla pré-evacuação e refermentação, respetivamente.

O mesmo se sucedeu para as amostras armazenadas a 37 °C, sendo que, para o mesmo tempo de prateleira verificou-se uma quantidade de oxigénio dissolvido na cerveja superior, mais concretamente 15,57 % \pm 0,23 % (pasteurização), 16,40 % \pm 0,35 % (dupla pré-evacuação) e 15,73 % \pm 0,42 % (refermentação). A quantidade de oxigénio presente nas garrafas conservadas a 37 °C foi superior, comparativamente às armazenadas a 4 °C.

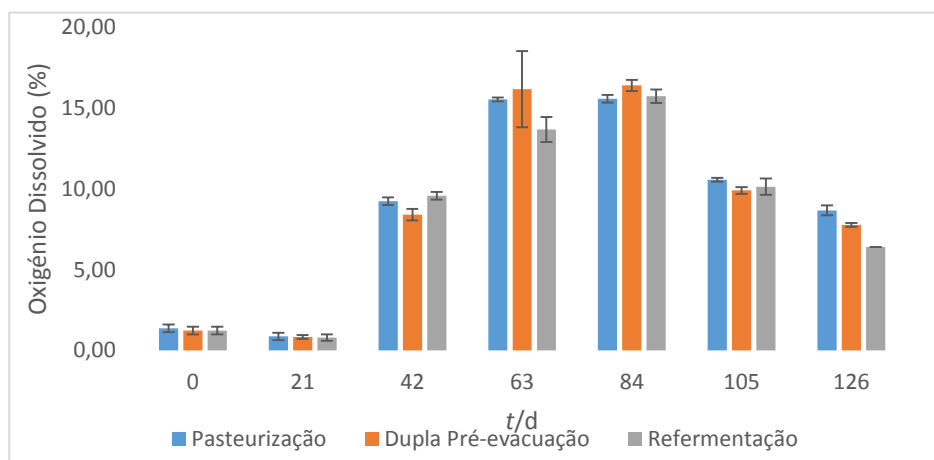


Figura 28 Representação gráfica da variação do oxigénio dissolvido, referente às amostras de cerveja do estilo *Weiss* armazenadas a 37 °C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.

Em ambos os casos, Figura 27 e 28, a percentagem de oxigénio dissolvido na cerveja diminui a partir do 84 ° dia de prateleira. Deste modo, constata-se que a partir desse momento, a refermentação foi mais evidente, ou seja, as leveduras consumiram o oxigénio presente na cerveja, daí a sua diminuição até ao final da experiência. De salientar que, após o mesmo tempo de prateleira (oitenta e quatro dias), o pH e o °Brix da cerveja diminui, principalmente para as amostras armazenadas a 37 °C (Figura 24 e 22), estando este acontecimento, normalmente, associado a um processo de refermentação. Como tal, as leveduras realizaram o processo de refermentação, devido à presença de quantidades significativas de açúcares residuais e de um ambiente com oxigénio, consumindo-os e produzindo compostos prejudiciais (ácidos gordos, entre outros) à qualidade da cerveja, sobretudo, a organolética (Magnuson & Lasure, 2004; Tobergte & Curtis, 2013; Esslinger, 2009; Bamforth, 2003; Hornsey & Britain, 1999).

5.3.2 *India Pale Ale*

No caso da cerveja artesanal *India Pale Ale* gráfico da Figura 29, verificou-se um aumento do oxigénio dissolvido na cerveja artesanal ao longo do tempo.

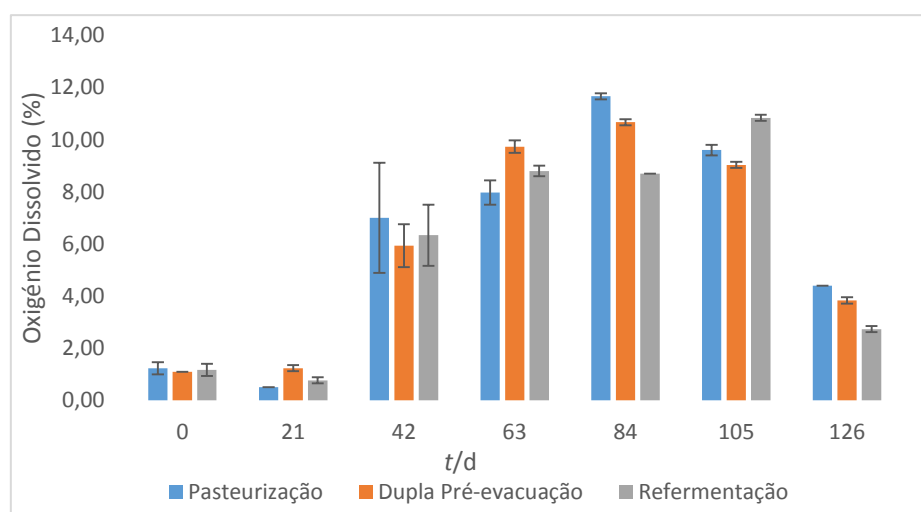


Figura 29 Representação gráfica da variação do oxigénio dissolvido, referente às amostras de cerveja do estilo *India Pale Ale* armazenadas a 4 °C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.

Identificou-se também, a existência de uma percentagem máxima de O₂ dissolvido na cerveja, para as variáveis pasteurização e dupla pré-evacuação, mais concretamente aos oitenta e quatro dias armazenada a 4 °C, correspondendo a 11,67 % ± 0,12 % e 10,67 % ± 0,12 %, respetivamente. Para a variável refermentação, a quantidade de oxigénio dissolvido foi aumentando ao longo do tempo, até ter atingido um máximo (10,83 % ± 0,04714 %), após cento e cinco dias de prateleira.

Para o caso das amostras armazenadas na sala quente (37 °C), através da Figura 30, pode-se constatar um aumento percentual de oxigénio dissolvido na *India Pale Ale*, para as três variáveis.

Entretanto, reconheceu-se a presença de um valor máximo após oitenta e quatro dias de prateleira, como nas condições de armazenamento referidas anteriormente, que corresponde a $15,57 \% \pm 0,31 \%$ (pasteurização), $16,40 \% \pm 0,35 \%$ (dupla pré-evacuação) e $16,60 \% \pm 0,00 \%$ (refermentação) de oxigénio dissolvido, numa garrafa de 0,33 L.

Como no caso de estudo anterior, observou-se uma refermentação da cerveja na garrafa, sobretudo após oitenta e quatro dias de prateleira. Verificando-se, a partir desse período, uma diminuição da percentagem de oxigénio dissolvido na cerveja, ° *Brix* e do pH (Figuras 23 e 25), promovendo a uma alteração na estabilidade da cerveja (Magnuson & Lasure, 2004; Tobergte & Curtis, 2013; Esslinger, 2009; Bamforth, 2003; Hornsey & Britain, 1999)

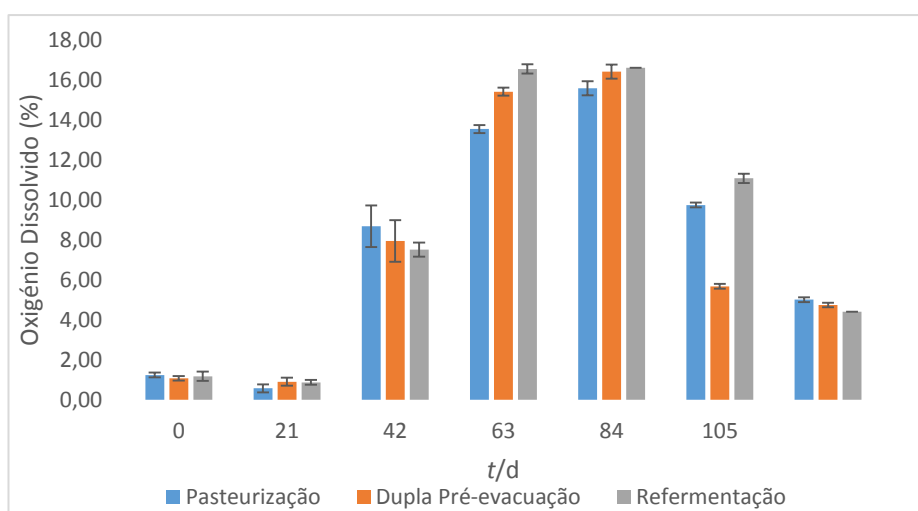


Figura 30 Representação gráfica da variação do oxigénio dissolvido, referente às amostras de cerveja do estilo *India Pale Ale* armazenadas a 37 °C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.

A par do que se observou, para as amostras do estilo *Weiss*, também no caso das cervejas do estilo *India Pale Ale*, se observou uma percentagem superior de oxigénio dissolvido na cerveja, quando esta foi guardada na sala quente.

A partir dos gráficos das Figuras 27, 28, 29 e 30, correspondentes a ambos os estilos de cerveja artesanal, identificaram-se oscilações/aumento significativo na percentagem de oxigénio dissolvido nas amostras, o que pode estar associado à existência de alguma bolha de ar/espuma no circuito por onde percorre a cerveja, no local de leitura da sonda de oxigénio ou devido à passagem de ar pelos locais de ligação de tubagem ou encaixe da sonda (Figura 21).

Para todos os estilos de cerveja artesanal, os níveis de oxigénio dissolvido, na cerveja final, devem ser limitados a $\leq 0,05$ mg/L, com o propósito de impedir efeitos indesejados nas características organoléticas da cerveja, quando chegar ao consumidor. Os critérios de controlo da qualidade recomendam que, a quantidade de O_2 dissolvido na cerveja engarrafada seja inferior ou igual a 0,2 mg/L, sendo que, equipamentos modernos, devem reduzir esse valor para aproximadamente 0,1 mg/L, no interior da embalagem (Aron, Shellhammer, & Brew, 2011; Delhi, 1999). No entanto, é impossível excluir qualquer contacto da cerveja com o ar (do qual 21% é oxigénio), entre a fermentação e a máquina de enchimento, ou seja, durante toda a fase de infusão e de maturação, mantendo assim todas as suas características. Por norma, a cerveja desde que está pronta a engarrafar, até chegar ao enchimento, acaba por absorver 0,2 mg/L a 0,35 mg/L. Dependendo da qualidade da máquina de enchimento e de como for realizada esta operação, o *head space* pode acrescentar mais 0,2 mg a 1,0 mg de oxigénio, tendo em conta que, no subsequente armazenamento, através do revestimento da rolha/carica pode difundir e adicionar mais 0,5mg a 5,0 mg (Hansen, 2011).

Deste modo, os valores correspondentes ao oxigénio dissolvido na cerveja, para ambos os estilos, diferentes condições de armazenamento e para as variáveis em estudo, estão bem acima do esperado teoricamente ($\leq 0,05$ mg/L que, corresponde a 1,35 % de oxigénio dissolvido, em 0,33 L de cerveja). Sendo que, para as amostras *Weiss* e *India Pale Ale*, armazenadas a 4°C, a percentagem de oxigénio dissolvido foi de, aproximadamente 10 % (8,65 % superior ao teórico) e para as amostras a 4 °C, de 16 % (14,65 % acima do teoricamente esperado). O mesmo pode ter ocorrido, devido a falhas durante o processo de enchimento (mau processo de pressurização das mangueiras e maquina manual de enchimento, com azoto), o facto da máquina de enchimento ser manual (o operador pode ter efetuado a dupla pré-evacuação no enchimento, mas em cerca de 80% das garrafas, ficam com o *head space* suscetível à entrada ar, por muito mais rápido que o segundo operador pegue na garrafa e coloque a carica), o operador pode realizar a dupla pré-evacuação, mas pode ficar sempre oxigénio no interior da garrafa a ser enchida, ou mesmo este processo, por vezes, pode ser mal realizado pelo operador. Uma má calibração da máquina que coloca as caricas, também pode estar na origem deste problema, visto que, se a carica não vedar corretamente o orifício da garrafa, possibilita a entrada de ar, ou seja, do oxigénio que dele faz parte. Todas estas evidências, podem estar na origem da elevada quantidade de oxigénio dissolvido que se verificou nas amostras em estudo. Em todos os casos analisados constatou-se um aumento da percentagem de O_2 dissolvido na cerveja, desde o início do trabalho experimental

até aos 84 dias de prateleira, o que pode estar associado ao facto do oxigénio presente no *head space* se dissolver na cerveja, ao longo deste período. Este fenómeno poderá ter sido favorecido pelo manuseamento das garrafas. Foi possível observar ainda, que a temperatura teve influência neste resultado, pois em ambos os estilos de cerveja verificou-se que, para as amostras a 37 °C a percentagem de oxigénio na cerveja foi superior (Figuras 27, 28, 29 e 30).

O sabor da cerveja engarrafada sofre alterações ao longo do tempo de prateleira, deteriorando-se, com uma consequente redução da qualidade da cerveja. Os compostos carbonilo têm a responsabilidade de conferir um sabor envelhecido, caracterizado por uma alteração crescente no perfil do aroma. A oxidação do ácido linoleico estimula o aumento da concentração do *trans-2-nonenal* (aldeído de cadeia longa), responsável pelo “gosto a cartão” da cerveja (Pinto, 2008; Esslinger, 2009).

O oxigénio, preferencialmente o que se encontra no *head space*, pode ser eliminado dos recipientes, pasteurizados ou não pasteurizados, em que se encontra a cerveja, com recurso a leveduras imobilizadas. Sendo que, estas poderiam ser encapsuladas, em um material sólido (por exemplo, polímeros, como a parafina) adequado (segundo normas alimentares), devendo este ser colocado acima do nível do líquido contido no recipiente (acima do *head space*). Estas leveduras teriam a capacidade de sobreviver a qualquer tipo de pasteurização. Deste modo, esta técnica acaba por ser uma forma de reduzir a ocorrência das reações de oxidação na cerveja, aumentando assim o seu período de prateleira (Hansen, 2011).

5.4 Estabilidade da espuma

A espuma da cerveja artesanal é constituída principalmente por polipéptidos de elevado peso molecular e com propriedades hidrofóbicas que, deste modo, assegura uma elevada viscosidade e elasticidade da mesma. Existem ainda compostos como: iso- α -ácidos (provenientes do lúpulo), α e β -glucanos (substâncias não-iónicas hidrofílicas de alto peso molecular), glicoproteínas, pentosanos, meladoínas e polifenóis que contribuem para uma melhor estabilidade da espuma. No entanto, alguns destes compostos influenciam negativamente as qualidades organoléticas da cerveja (Tobergte & Curtis, 2013 ; Esslinger, 2009). A presença de azoto e oxigénio favorece a sua estabilidade, pelo contrário, o dióxido de carbono tem uma influência negativa, devido à produção de bolhas de elevadas dimensões. O pH da cerveja também influencia

significativamente a estabilidade da espuma, sendo que, para valores de pH baixos podem contribuir positivamente para a sua estabilidade (Tobergte & Curtis, 2013 ; Esslinger, 2009).

5.4.1 Velocidade de degradação da espuma

5.4.1.1 Weiss

A velocidade de degradação da espuma para as amostras do tipo *Weiss* ao longo do tempo pode ser observada através do gráfico da Figura 31.

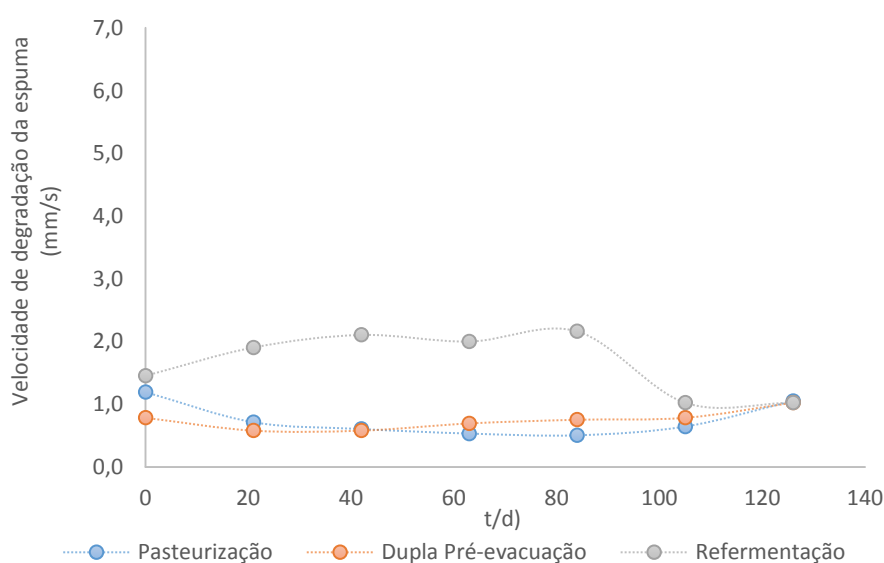


Figura 31 Representação gráfica da velocidade de degradação da espuma, referente às amostras de cerveja do estilo Weiss armazenadas a 4 °C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.

Através da análise do gráfico anterior, verificou-se que a velocidade de degradação da espuma sofreu uma ligeira diminuição nos primeiros vinte e um dias de prateleira, mas apenas para as amostras que sofreram pasteurização e enchimento em dupla pré-evacuação. Tal pode ter ocorrido devido ao armazenamento no frio (4 °C), uma vez que, a temperatura influencia a estabilidade da espuma. Posto isto, constatou-se que para as três variáveis em estudo a velocidade de degradação da espuma aumentou ao longo do tempo, ou seja, a estabilidade da espuma diminui com o tempo. Verificou-se também que as amostras de *Weiss*, as quais foi adicionado açúcar alimentar, apresentaram uma velocidade de degradação na ordem dos 2,0 mm/s, deste modo, elevadas quantidades de açúcar podem promover a diminuição da estabilidade da espuma, uma vez que promovem o processo de refermentação a realizar pelas leveduras. No entanto, como verificado para os parâmetros anteriores, tudo indica que, a cerveja sofreu refermentação, algo

que pode estar na origem de um aumento da velocidade de degradação. Esse aumento deve-se à formação de substâncias, tais como: glicerídeos e cadeias médias de ácidos gordos.

Para o mesmo estilo de cerveja, *Weiss*, mas agora armazenadas numa sala quente a 37 °C (Figura 32), verificou-se uma tendência semelhante ao anteriormente descrito pelo gráfico da Figura 31.

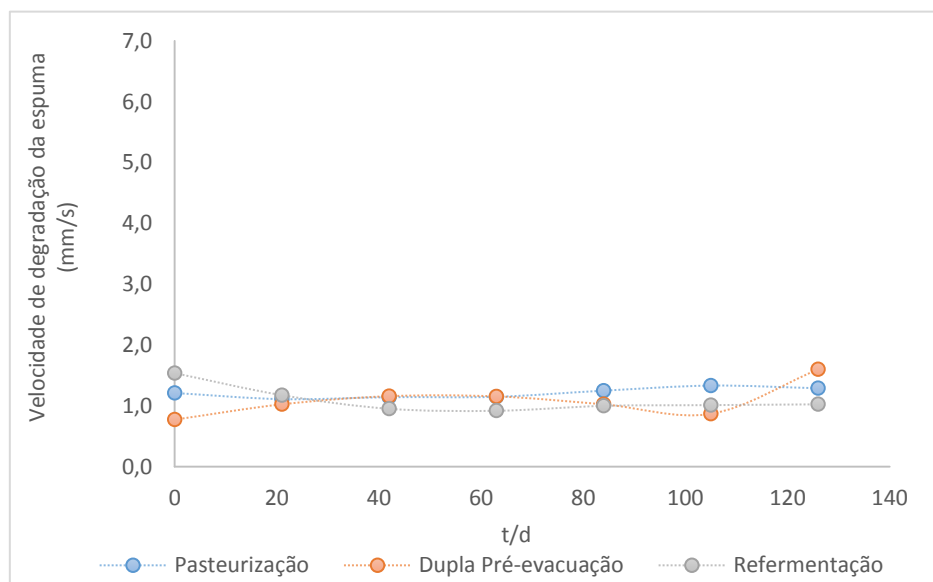


Figura 32 Representação gráfica da velocidade de degradação da espuma, referente às amostras de cerveja do estilo *Weiss* armazenadas a 37 °C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.

Com a exceção de que, as amostras correspondentes à variável refermentação, após vinte e um dias de prateleira, a velocidade de degradação da espuma foi inferior em comparação às outras duas variáveis. No entanto, a partir da nona semana de armazenamento, a velocidade de degradação registou um ligeiro aumento, ao longo do tempo, esta ocorrência pode ter sido verificada devido à refermentação da cerveja). Este acontecimento, pode estar associado ao facto de, as amostras *Weiss*_{refermentação, 37°C, t=84} e *Weiss*_{refermentação, 37°C, t=105}, apresentarem muito gás e lançarem espumas para fora da garrafa, quando se procedia à realização das respetivas análises. Pode a refermentação ser responsável por este fenómeno (realizada pelas leveduras, *S. cerevisiae*) e consequente aumento da pressão interna (Sarlin, 2012).

5.4.1.2 *India Pale Ale*

No caso das amostras do estilo *India Pale Ale*, armazenadas a 4 °C e 37 °C, através dos gráficos das Figuras 33 e 34, respetivamente, observou-se um comportamento muito semelhante entre ambos.

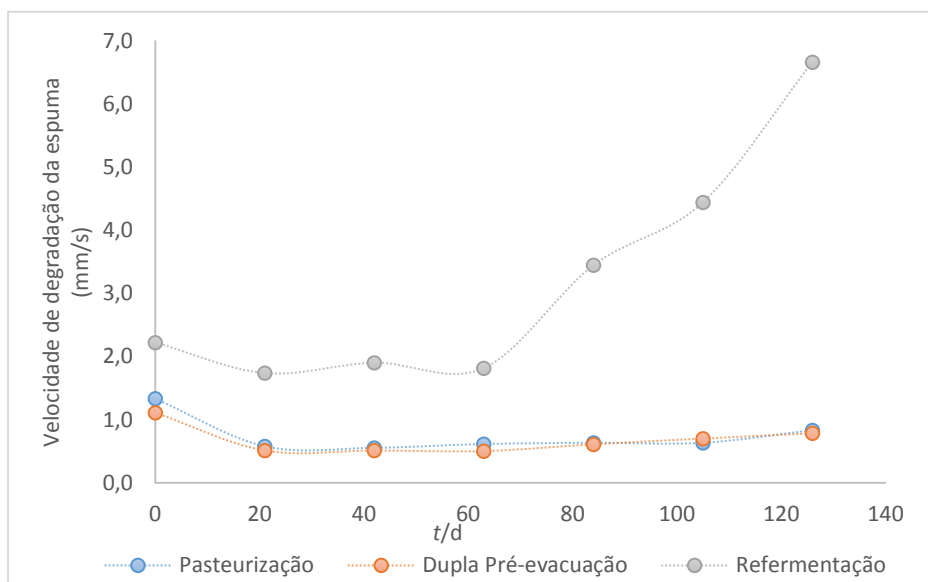


Figura 33 Representação gráfica da velocidade de degradação da espuma, referente às amostras de cerveja do estilo *India Pale Ale* armazenadas a 4 °C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.

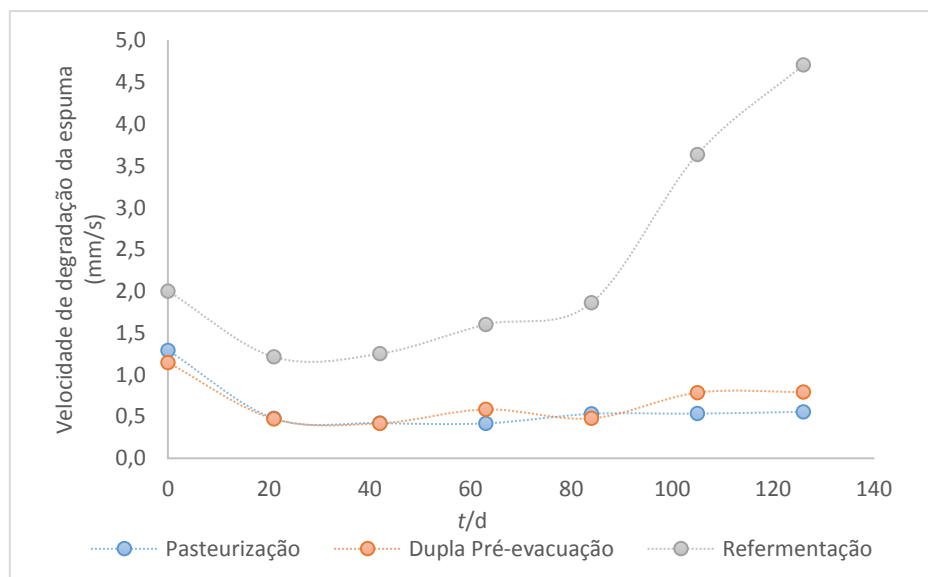


Figura 34 Representação gráfica da velocidade de degradação da espuma, referente às amostras de cerveja do estilo *India Pale Ale* armazenadas a 37 °C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.

Em ambos os casos, para as três variáveis em estudo, a velocidade de degradação da espuma diminui ligeiramente nas primeiras três semanas de repouso. No caso das amostras

pasteurizadas e engarrafadas segundo a técnica de dupla pré-evacuação, a velocidade de degradação da espuma aumenta ligeiramente ao longo do tempo, mantendo-se entre os 0,5 mm/s e 1,0 mm/s. Relativamente à variável refermentação, as amostras, em ambos os casos de armazenamento, apresentam uma velocidade de degradação da espuma superior, sendo que, a partir da nona semana de armazenamento, esta aumenta drasticamente, tudo indica que poderá estar relacionado com a refermentação levada a cabo pelas leveduras, sendo estas responsáveis pela excreção de substâncias (ex: glicerídeos e cadeias médias de ácidos gordos) que afetam negativamente a estabilidade da espuma, como foi descrito no ponto anterior.

Mais uma vez, tal como descrito para os parâmetros do $^{\circ}\text{Brix}$ e do pH, a estabilidade da espuma da cerveja foi afetada pela temperatura de armazenamento e pelo decréscimo do pH, originando reações químicas e fenómenos de oxidação da cerveja com a formação de compostos orgânicos, tais como: ácidos orgânicos e álcoois superiores, compostos carbonilos, ésteres, entre outros. Um outro fator que pode ter influenciado a estabilidade da amostra armazenada a 4 °C foi quantidade de gás dissolvido na amostra. Uma vez que, quanto menor for a temperatura do líquido, maior será a quantidade de gás dissolvido na cerveja. Deste modo, pode-se assumir que, quando a cerveja se encontra a 4 °C terá uma maior quantidade de gás dissolvido, logo a quantidade de espuma formada será menor. Algo que se verificou para as amostras *Weiss*_{refermentação} e *IPA*_{refermentação}, a quando da abertura das garrafas para realizar as leituras dos diversos parâmetros em estudo (Tobergte & Curtis, 2013 ; Esslinger, 2009; Gaddy e Wiebe, 1940).

No entanto, a leitura dos tempos que a esfera de plástico demora a percorrer os 400 mm do aparelho (Figura 35), após injeção de CO₂ (0,1 bar), é suscetível a grandes erros de perceção. Uma vez que, a espuma não facilita a visualização da esfera quando chega ao ponto de referência.



Figura 35 Sistema de medição da estabilidade da espuma (FA).

5.5 Parâmetros sensoriais (organoléticos)

Os testes sensoriais efetuados no decorrer do trabalho experimental foram conseguidos por juízes reconhecidos pelo *BJCP*. No entanto, estes foram sempre efetuados longe de períodos de refeições, em ambiente sem cheiros e sem ruído, em silêncio para evitar influências e a pontuação foi sempre fruto de um consenso pós-prova, não variando mais do que 7 pontos na classificação final (indicações do *BJCP*).

De uma forma básica, existem “três grupos de sabor”, que têm um elevado impacto no caráter da cerveja, sendo estes: amargor (consequência dos iso- α e iso- β -ácidos, provenientes dos lúpulos), sensação na boca (provém do grau de carbonatação) e álcool (etanol) (Hornsey & Britain, 1999).

Após serem engarrafadas as amostras dos estilos *Weiss* e *India Pale Ale*, procedeu-se à pasteurização (UP=12, ou seja, 12 minutos com uma temperatura de água de 60 °C em metade das amostras, de cada estilo de cerveja, destacadas à análise organolética. A outra metade, não pasteurizada, foi utilizada para análise do processo de dupla pré-evacuação. Por fim, foram submetidas a condições extremas de armazenamento, na câmara fria (4 °C) e na sala quente (37°C). Em seguida, de três em três semanas, num período de 18 semanas, foram encaminhadas para os juízes certificados pelo BJCP as amostras em estudo, ou seja, uma garrafa correspondente a amostra: *Weiss*_{pasteurização, T=4°C}, *Weiss*_{pasteurização, T=37°C}, *Weiss*_{dupla pré-evacuação, T=4°C}, *Weiss*_{dupla pré-evacuação, T=37°C}, *IPA*_{pasteurização, T=4°C}, *IPA*_{pasteurização, T=37°C}, *IPA*_{dupla pré-evacuação, T=4°C}, *IPA*_{dupla pré-evacuação, T=37°C}.

5.5.1 Aroma

Os juízes fizeram as provas de degustação, segundo a *Beer Scoresheet* (Figura 22), na qual o aroma pode ser cotado de 0 a 12, os dados foram tratados e apresentados nos gráficos das Figuras 36 a 37.

Para as amostras de cerveja do estilo *Weiss*, que foram armazenadas em condições diferentes, e para as duas variáveis em estudo, construiu-se o gráfico representado na Figura 36.

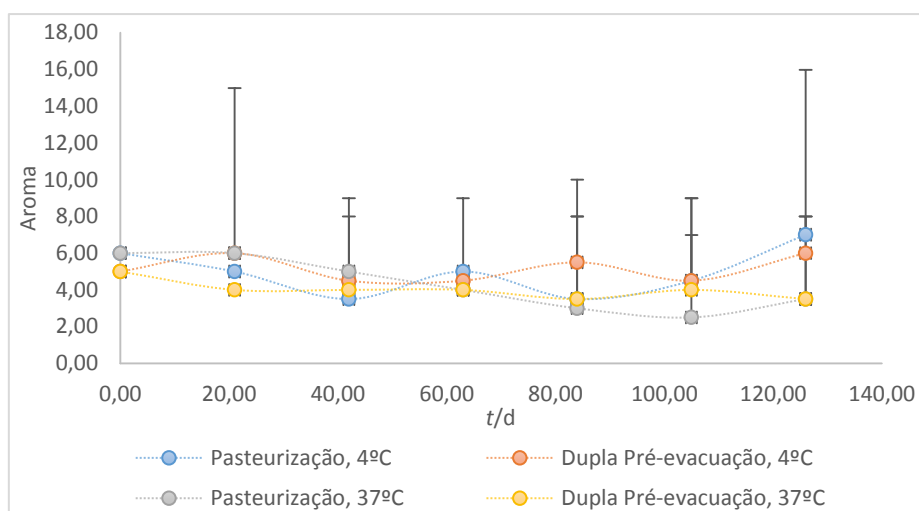


Figura 36 Representação gráfica do aroma, referente às amostras de cerveja do estilo Weiss armazenadas a 4 °C e 37 °C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.

Verificou-se através do gráfico da Figura 36, um decréscimo da pontuação, ou seja, do enquadramento do aroma com o estilo em questão, ao longo do tempo de prateleira. O que, de uma forma geral, indica uma redução nas características aromáticas deste estilo de cerveja artesanal, ao longo do tempo. De salientar que, ao submeter a cerveja às condições de pasteurização, não interferiram com o aroma da mesma, uma vez que, a cotação atribuída no tempo zero foi superior, no caso em que, as amostras foram pasteurizadas. No entanto, ao fim de 126 dias de armazenamento a 4 °C, as amostras relativas às duas variáveis, sofreram um aumento na cotação aromática, contudo, a pasteurizada apresentou um melhor enquadramento no estilo.

Relativamente à cerveja do estilo *Weiss*, sendo esta uma cerveja produzida essencialmente a partir de trigo, deve apresentar aroma moderado a trigo (podendo ser percebido como pão ou cereais). Para além de que, o fenólico (normalmente a cravo e pastilha elástica ou plástico) e ésteres (aroma a banana) também devem estar presentes. Pode ainda apresentar uma leve acidez cítrica (Strong & England, 2015). Todos os aromas, referidos anteriormente, foram detetados pelos juízes nas amostras do tempo zero. No caso das amostras guardadas na câmara fria, identificou-se uma perda das características aromáticas e o aparecimento de ligeira acidez e oxidação apenas no final da experiência, mas com a predominância do aroma a plástico, sendo que, houve uma maior conservação comparativamente as amostras armazenadas na sala quente. Entretanto, após 42 dias, as características referidas anteriormente, foram se perdendo ao longo do tempo de prateleira, principalmente nas amostras pasteurizadas e armazenadas a 37 °C, sendo identificado diacetilo (ligeiro aroma a manteiga artificial, *butterscotch*), ligeira acidez e oxidação (cartão). Essas notas amanteigadas, associadas ao diacetilo e dicetonas. A deteção da oxidação da cerveja, com

a consequente sensação de aroma e/ou sabor a cartão, prende-se pelo aparecimento do ácido trans-2-nonenal, sendo que, a sua formação não se deve ao oxigénio presente no *head space*, mas durante a preparação do mosto (Briggs et al., 2004; Hornsey & Britain, 1999; Strong & England, 2015).

No gráfico representado pela Figura 37, demonstra-se a tendência aromática da cerveja artesanal do estilo *India Pale Ale*, tendo sido submetida as condições referidas anteriormente.

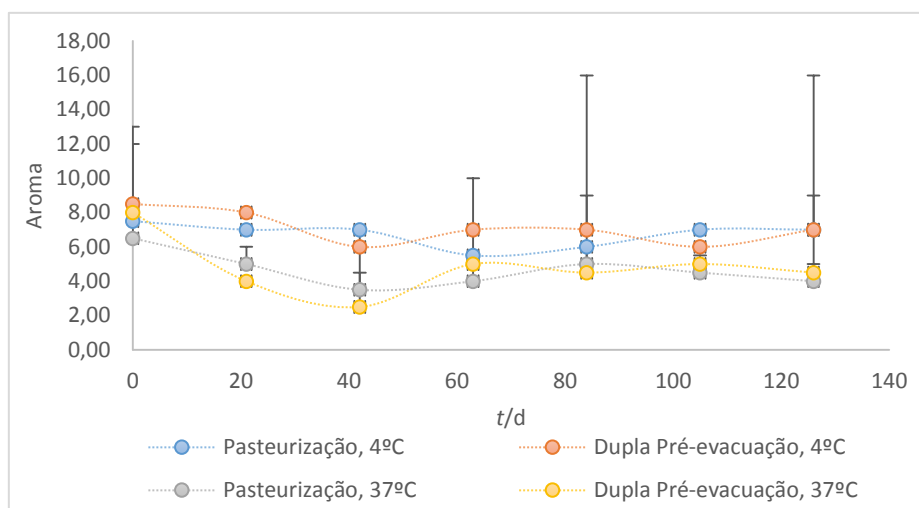


Figura 37 Representação gráfica do aroma, referente às amostras de cerveja do estilo *India Pale Ale* armazenadas a 4 °C e 37 °C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.

Os resultados mostram que para todos os scores de aroma as cervejas que foram armazenadas a 4°C tem melhor avaliação por parte do painel, o que indica que para manter o aroma deve-se armazenar a baixas temperaturas. Verificou-se um agravamento das características aromáticas (redução da cotação atribuída a este parâmetro sensorial), ao longo do tempo de prateleira, sendo mais notório a 37°C. No entanto, para este estilo de cerveja, no tempo zero, os juízes consideram que as amostras correspondentes à variável pasteurização, apresentava um aroma com características menos apropriadas ao estilo de cerveja em questão, isto comparativamente com as amostras que não foram pasteurizadas. Neste caso, a pasteurização teve uma influência negativa, relativamente ao aroma da cerveja.

O estilo de cerveja *India Pale Ale*, deve apresentar um aroma de lúpulo com carácter cítrico, floral, com um perfume a pinho e/ou fruta derivada de lúpulos americanos (Strong & England, 2015).

As amostras que foram submetidas ao processo de pasteurização e armazenadas a 4 °C, foram mantendo as suas características, no entanto detetou-se uma ligeira oxidação (lúpulo) inicial,

com um agravamento da mesma com o passar do tempo. Para as amostras não pasteurizadas, talvez devido ao poder antioxidante e conservante proveniente do lúpulo, os atributos aromáticos permaneceram ao longo do tempo de prateleira. Entretanto, nas amostras armazenadas a 37 °C, foi identificada uma perda aromática mais acentuada, sobretudo para a variável pasteurização, com a detecção de uma ligeira oxidação, causada pelo malte “velho” e caramelizado, aroma a relva seca e queijo (oxidação do lúpulo).

5.5.2 Aparência

A aparência foi determinada também através das avaliações realizadas pelos provadores profissionais, sendo que, para o tipo *Weiss*, todas as amostras em estudo exibiam uma coloração amarela palha, com uma limpidez aceitável para o estilo. Porém apresentou como defeito a fraca consistência e persistência da espuma, recompensado pela sua cor branca, apropriada à classe (Strong & England, 2015). Apurando, deste modo, a influência negativa da temperatura, sobretudo nas características da espuma, por outro lado, a sua indiferença para com a coloração e limpidez da cerveja.

Após a avaliação sensorial da cerveja do estilo *Weiss* e consequente cotação do parâmetro sensorial aparência elaborou-se no gráfico da Figura 38.

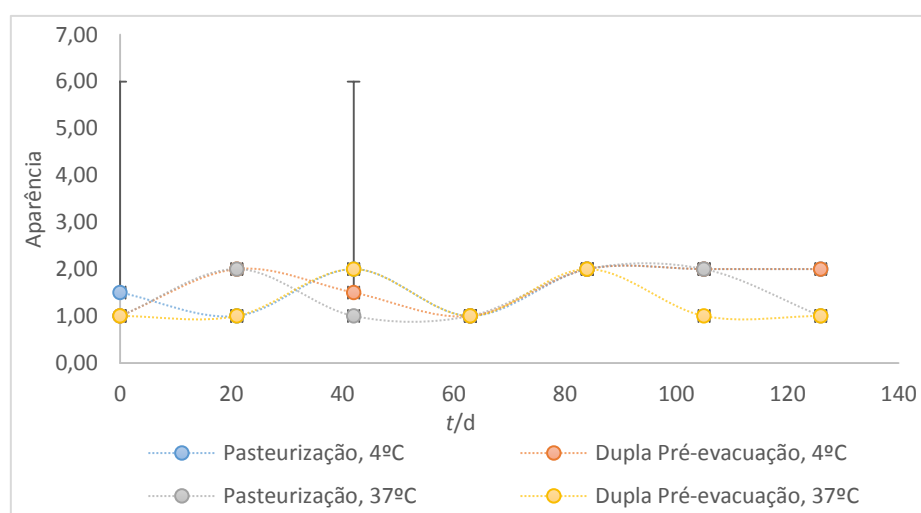


Figura 38 Representação gráfica da aparência da cerveja, referente às amostras do estilo *Weiss* armazenadas a 4 °C e 37 °C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.

Conforme o gráfico representado na Figura 38, verificou-se, para as amostras armazenadas na câmara fria, uma melhoria na sua aparência, para ambas as variáveis. Sendo que, para a variável dupla pré-evacuação, apresentaram características (limpidez, cor e retenção)

ainda melhores, comparativamente com as pasteurizadas. O armazenamento a frio, contribuiu positivamente, para o depósito de algumas leveduras e resíduos de lúpulo que possam ter ficado suspensos na cerveja, e conseqüentemente para o melhoramento da aparência da mesma. No caso das amostras guardadas a quente, houve um agravamento na sua retenção e cor (apresentou uma cor dourada e uma elevada limpidez), devido à elevada temperatura (37 °C) a que foram submetidas.

No caso das amostras referentes ao estilo *India Pale Ale*, o resultado da análise da aparência, encontra-se representado na Figura 39.

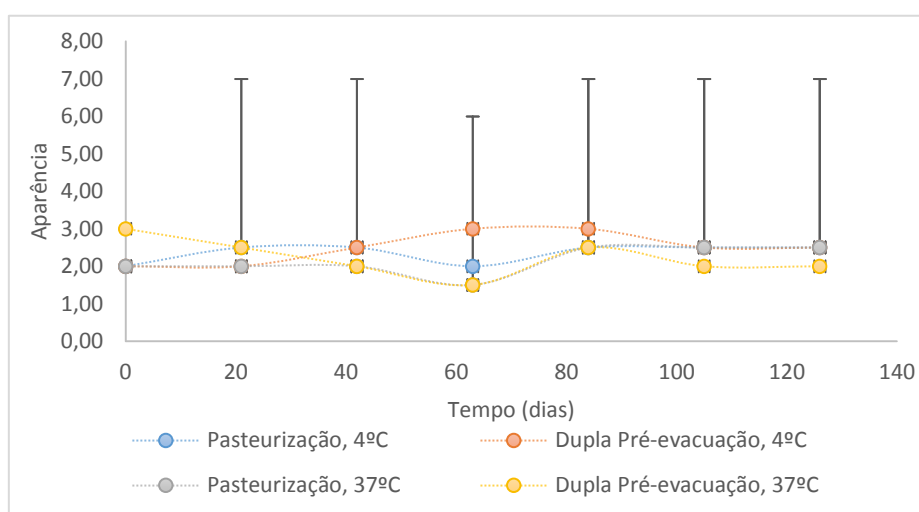


Figura 39 Representação gráfica da aparência da cerveja, referente às amostras do estilo *India Pale Ale* armazenadas a 4 °C e 37 °C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.

Como se pode comprovar através do gráfico acima ilustrado houve uma ligeira melhoria na aparência das amostras pasteurizadas e armazenadas a 4 e 37 °C. O mesmo pode verificar-se, mas apenas para as amostras correspondentes à variável dupla pré-evacuação e guardadas na câmara fria, visto que, as armazenadas a 37 °C, sofreram uma ligeira diminuição. Isto pode ser devido às elevadas temperaturas ou atividade de leveduras, bactérias, leveduras selvagens, entre outros microrganismos contaminantes que, enquanto a temperaturas são benéficas à sua atividade vão degradar compostos e produzir outros nefastos à aparência da mesma.

Segundo o *Beer Judge Certification Program (BJCP)*, o estilo de cerveja *India Pale Ale* deve expor uma cor o cobre avermelhado médio ou um tom alaranjado, devem ser límpidas, exceto versões que passam por *dry-hopping*, podem ser um tanto turvas. Algo que foi testemunhado nas amostras armazenadas a 4 °C, no entanto, as armazenadas a 37 °C, apresentaram uma cor cobre avermelhado escura (Figura 40). A preeminência de uma espuma de cor branca ou quase branca (marfim), também foi detetada, mas apenas nos exemplares armazenadas a 4 °C e que não foram

submetidos ao sistema de pasteurização, exibiram espuma com retenção média, todas os outros ficaram aquém do esperado, algo que não corresponde ao esperado para o estilo (Strong & England, 2015).



Figura 40 a) Apresentação da cor cobre avermelhado escura da cerveja artesanal do estilo India Pale Ale, armazenada numa sala quente (37 °C). b) Apresentação da cor original da cerveja artesanal do estilo India Pale Ale.

5.5.3 Sabor

A combinação de vários cereais maltados e espécies de lúpulo, devido à libertação dos seus componentes, serão os responsáveis por facultarem aos consumidores o que se classifica como sendo o sabor da cerveja. O dióxido de carbono, os α -ácidos (provenientes do lúpulo) e o etanol, claramente desempenharam um papel preponderante para a definição do sabor da cerveja artesanal. No entanto, outros constituintes, resultando dos defeitos (diacetilo, aldeídos, alifáticos, ácido *trans*-2-nonenal, entre outros) ou por serem personagens específicas associadas a determinados produtos, também podem colaborar de forma muito eficiente para o carácter gustativo do produto (Tobergte & Curtis, 2013).

No gráfico da Figura 41 encontra-se descrito a avaliação relativa ao parâmetro sensorial – sabor.

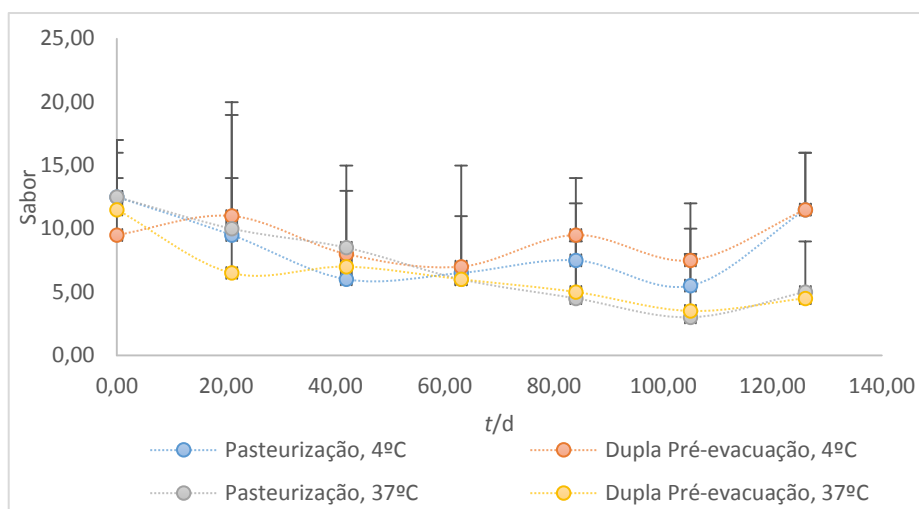


Figura 41 Representação gráfica do sabor, referente às amostras de cerveja do estilo Weiss armazenadas a 4 °C e 37 °C para diferentes variáveis ao longo do tempo.

Segundo a Figura 41, relativamente às amostras não pasteurizadas e preservadas a 4 °C, o paladar manteve-se constante ao longo do tempo, ainda com algumas oscilações, fruto do erro sensorial e ou de percepção, uma vez que, as percepções sensoriais dos dois juízes têm as suas diferenças. No caso das outras variáveis, verificou-se que a pasteurização e as temperaturas elevadas têm um efeito negativo, no que toca ao sabor da cerveja artesanal, ao longo do tempo.

A partir da avaliação concretizada pelos juízes às cervejas correspondentes ao estilo *Weiss*, na primeira análise (tempo zero), todas as amostras expuseram um gosto a banana, cravo e, em segundo plano, evidenciaram um suave sabor a trigo (pão ou cereais) e com um final quase seco, o que vai de encontro com o pretendido para o estilo em prova. O aroma e/ou sabor a cravo resultou da presença fenólicos, tais como 4-vinilfenol e 4-vinilguaicol (Briggs et al., 2004). Um carácter ácido e cítrico, proveniente da levedura utilizada, também esteve presente. Todavia, foi detetado um paladar a manteiga artificial (*butterscotch* ou *toffee*), consequência do diacetilo, e um gosto a cartão, causado pela oxidação da cerveja, devido ao contacto desta com elevadas quantidades de oxigénio. Estes defeitos foram apenas detetados para os casos em que a cerveja foi conservada a elevadas temperaturas (37 °C) (Kuck, 2008; Strong & England, 2015).

Relativamente às amostras do estilo *India Pale Ale* a tendência do parâmetro – sabor - encontra-se descrita na Figura 42.

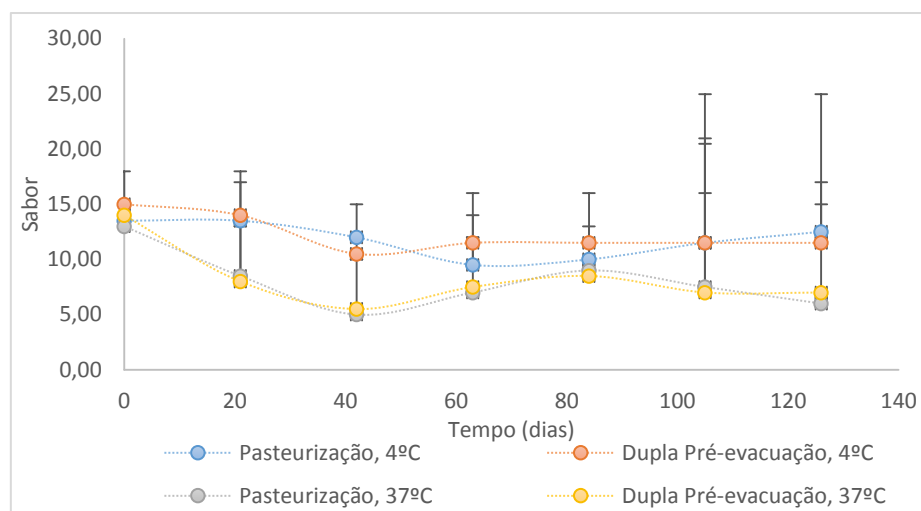


Figura 42 Representação gráfica do sabor, referente às amostras de cerveja do estilo *India Pale Ale* armazenadas a 4 °C e 37 °C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.

Através do gráfico da Figura 42, para todos os casos em estudo constatou-se uma diminuição significativa no que ao sabor diz respeito, consequência dos acontecimentos anteriormente referidos.

Relativamente ao estilo *India Pale Ale*, persistiu um paladar a lúpulo (americanos), com intensidade média alta, com aspetos cítricos, resinosos, pinho e/ou frutados (tropicais). Sentiu-se um amargor do lúpulo, de intensidade média-alta, que perdura no final, com um bom suporte de maltes (gostos a tostado, em níveis baixos) e um final médio seco. Todas estas características gustativas permaneceram em todos os exemplares, à exceção das que foram armazenadas na sala quente, nas quais se identificou perdas de intensidade das mesmas, consequência da oxidação da cerveja, que se prende com malte “velho” e caramelizado (Strong & England, 2015).

5.5.4 Sensações na boca

Este critério sensorial permite analisar o estilo de cerveja artesanal quanto ao grau de carbonatação (“picar na boca”, tamanho das bolhas, características da espuma, entre outros), corpo, calor, cremosidade, “pós-sensações” (viscosidade e adstringência), entre outros (Tobergte & Curtis, 2013).

No que a este parâmetro sensorial diz respeito, através da Figura 43, alusiva ao tipo de cerveja Weiss.

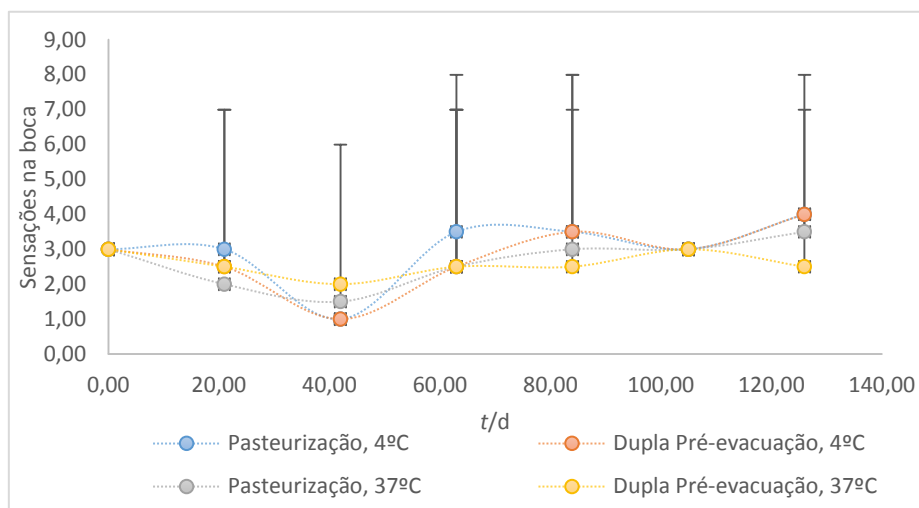


Figura 43 Representação gráfica das sensações na boca, levadas a cabo pela cerveja do estilo Weiss, sendo estas amostras armazenadas a 4 °C e 37 °C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.

Pode-se verificar, pelo gráfico anteriormente ilustrado, um agravamento das amostras referentes ao dia 42, possivelmente um *outlier*. Com tudo, averiguou-se um melhoramento deste parâmetro, talvez consequência do CO₂ produzido pela levedura, durante o processo de fermentação, como foi mencionado no subcapítulo anterior, dedicado à análise físico-química.

Tendo em conta a avaliação levada a cabo pelos juízes, as provas apresentavam um corpo leve, com uma carbonatação baixa e sem cremosidade e adstringência, o que segue as linhas apresentadas pelo *BJCP*, para o estilo em questão (Strong & England, 2015).

No resultado da análise sensorial realizada pelos provadores, foi possível construir o gráfico seguinte, no que às sensações na boca diz respeito.

Para o caso das amostras *India Pale Ale* (Figura 44), relativamente às sensações na boca, para as variáveis em estudo e respetivas condições de armazenamento, as suas cotações mantiveram-se praticamente estáveis ao longo do tempo de prateleira, não havendo influência significativa, por parte da pasteurização ou da temperatura de armazenamento.

As provas referidas no parágrafo anterior, detinham um corpo médio leve a médio, com carbonatação média a média alta, sem sensação de álcool ou adstringência devido ao lúpulo, tal foi reconhecido para todos os casos em análise. No entanto, após os 126 dias de armazenamento, em todos os casos, o teor carbonatação sofreu alterações, passando a ser média baixa, não sendo apropriada ao estilo de cerveja. (Strong & England, 2015).

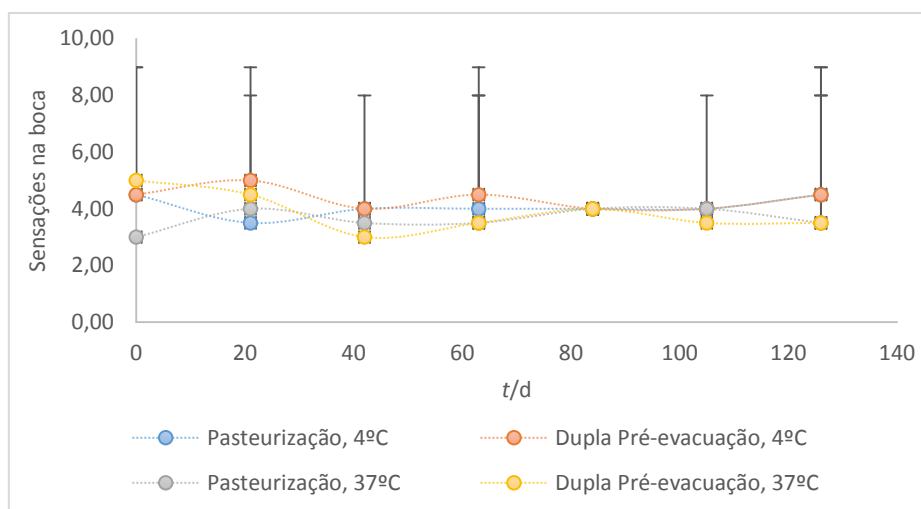


Figura 44 Representação gráfica das sensações na boca, levadas a cabo pela cerveja do estilo India Pale Ale, sendo estas amostras armazenadas a 4 °C e 37°C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.

5.5.5 Impressões gerais

Neste parâmetro sensorial, os provadores comentam sobre o prazer geral de beber associado às amostras, sugerindo propostas de melhoramento (Bickham et al., 2012; Strong & England, 2015).

Relativamente às impressões gerais obtidas pelo painel de provadores, quanto ao estilo de cerveja *Weiss* encontra-se ilustrado no gráfico da Figura 45.

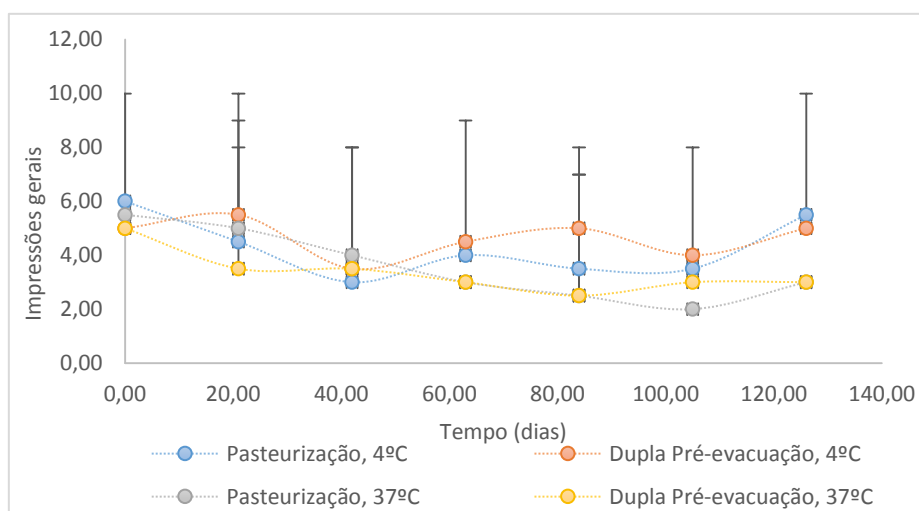


Figura 45 Representação gráfica das impressões gerais, levadas a cabo pela cerveja do estilo Weiss, sendo estas amostras armazenadas a 4 °C e 37 °C para diferentes variáveis ao longo do tempo.

No caso do estilo *Weiss*, ilustrado pela Figura 53, constatou-se que, apenas as amostras que dizem respeito à variável dupla pré-evacuação e armazenadas a uma temperatura de 4 °C

mantiveram as suas impressões gerais constantes ao longo do tempo de prateleira, em todos os outros casos, houve uma diminuição das mesmas, consequência de um agravamento das outras características sensoriais em estudo.

Ao longo de todo o processo de avaliação sensorial, identificou-se alguns problemas, impedindo assim que as amostras coincidissem na perfeição com o estilo. Deste modo, deve-se melhorar a retenção de espuma, o nível elevado de carbonatação, mais presença de trigo e cremosidade no palato (Strong & England, 2015).

Quanto ao estilo *India Pale Ale*, no que aos aspetos gerais diz respeito, os resultados obtidos encontram-se no gráfico da Figura 46.

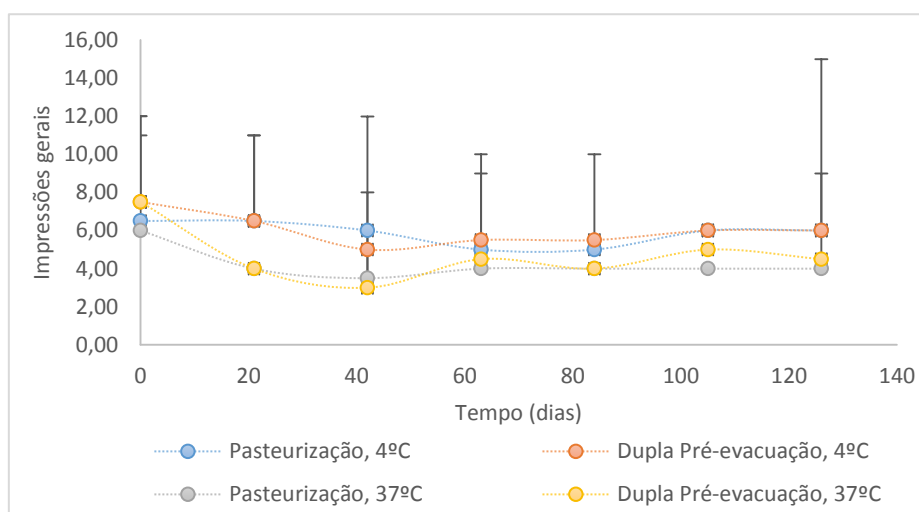


Figura 46 Representação gráfica das impressões gerais, levadas a cabo pela cerveja do estilo *India Pale Ale*, sendo estas amostras armazenadas a 4 °C e 37 °C, para diferentes variáveis ao longo do tempo.

Verificou-se, pelo gráfico da Figura 46 que, os aspetos gerais diminuem ao longo do tempo, sendo que, independentemente das condições de armazenamento ou tratamento, a cerveja artesanal referente ao estilo *India Pale Ale*, foi perdendo qualidades organoléticas, sendo mais notório para as amostras armazenadas a 37 °C.

Este estilo de cerveja artesanal (*India Pale Ale*), baseado numa *American IPA*, apresentou uma cor mais escura, devido ao processo de pasteurização (aquecimento da mesma, em banho maria e chuveiro, a 60 °C durante 12 minutos), sendo que, também provocou um agravamento da oxidação (sabor a cartão). Em todos os casos, a retenção da espuma devia ser melhor, mas apresentaram sabor e aroma lupulado e amargo, dentro do expectável (Strong & England, 2015).

Após a normalização dos dados correspondentes aos parâmetros sensoriais, avaliados pelos juízes reconhecidos pelo *BJCP*, foi possível construir os gráficos de teia, para cada estilo de cerveja em análise.

Na figura 47 a), averiguou-se que as amostras pasteurizadas apresentaram melhores características sensoriais, cotação superior, à exceção da característica sensação na boca, que recebeu igual cotação, isto comparativamente às amostras não pasteurizadas. No entanto, o gráfico da Figura 47 b), também fruto das análises realizadas no tempo zero (logo após o engarrafamento e respectivo tratamento), os resultados de ambas as variáveis foram muito idênticos, chegando a ter dois parâmetros com igual cotação (sensação na boca e aparência), constatando-se a inexistência de alterações organoléticas significativas, causadas pelo processo de pasteurização



Figura 47 a) Representação gráfica dos parâmetros sensoriais, relativos às amostras de cerveja do tipo Weiss armazenadas a 4 °C (gráfico da esquerda), para diferentes variáveis e referentes ao tempo inicial. b) Representação gráfica dos parâmetros sensoriais, relativos às amostras de cerveja do tipo Weiss armazenadas a 37 °C (gráfico da direita), para diferentes variáveis e referentes ao tempo inicial.

Na figura 48 a), análise sensorial realizada após 126 dias de armazenamento, apurou-se que as amostras pasteurizadas apresentaram melhores características sensoriais, cotação superior, à exceção da sensação na boca e aparência, que recebeu igual cotação, isto comparativamente à variável dupla pré-evacuação. Mas, no que ao gráfico, representado pela Figura 48 b), diz respeito, as duas variáveis em estudo ficaram mais próximas, visto que, tiveram três parâmetros com igual cotação (aroma, aparência e impressões). Constatando-se a inexistência de alterações organoléticas significativas, causadas pelo processo de pasteurização, principalmente nas amostras armazenadas a 37 °C (Figura 56 b)).



Figura 48 a) Representação gráfica dos parâmetros sensoriais, relativos às amostras de cerveja do tipo Weiss armazenadas a 4°C (gráfico da esquerda), para diferentes variáveis e referentes ao tempo final. b) Representação gráfica dos parâmetros sensoriais, relativos às amostras de cerveja do tipo Weiss armazenadas a 37°C (gráfico da direita), para diferentes variáveis e referentes ao tempo final.

Para o estilo de cerveja *IPA*, no caso em que as amostras foram guardadas na câmara fria (Figura 49 a)), as cotações das características organoléticas, referentes às duas variáveis em questão, foram muito semelhantes, tendo sido iguais, no caso da aparência e sensações na boca e um pouco melhores para os outros parâmetros, referentes à variável dupla-pré evacuação. Nas mostras guardadas a 37 °C (Figura 49 b)), verificou-se através dos dados obtidos que, as amostras pasteurizadas estiveram mais longe da perfeição. Contrariamente, os resultados da variável dupla pré-evacuação foram mais em conta ao que seria de esperar

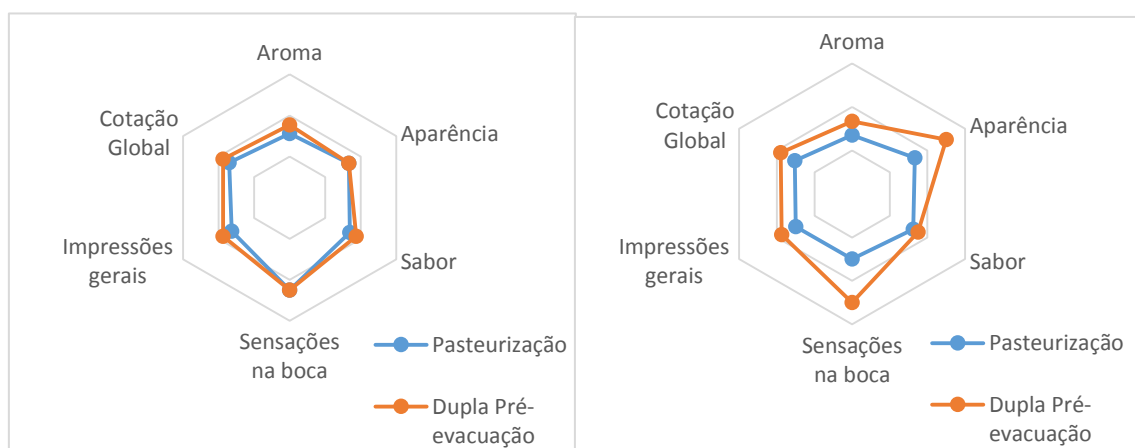


Figura 49 a) Representação gráfica dos parâmetros sensoriais, relativos às amostras de cerveja do tipo India Pale Ale armazenadas a 4 °C (gráfico da esquerda), para diferentes variáveis e referentes ao tempo inicial. b) Representação gráfica dos parâmetros sensoriais, relativos às amostras de cerveja do tipo Weiss armazenadas a 37 °C (gráfico da direita), para diferentes variáveis e referentes ao tempo inicial.

No que ao último ponto em análise diz respeito, tempo de prateleira de 126 dias, para as amostras armazenadas no frio (4 °C) e pasteurizadas, apresentaram um score de sabor

ligeiramente superior, comparativamente às não pasteurizadas e, conseqüentemente, com uma cotação global também superior, como se pode constatar através da Figura 50 a). Todos os outros aspetos, apresentaram exatamente igual cotação. Verificando-se que a pasteurização, a longo prazo, não teve qualquer impacto na conservação do produto, desde logo, devido à inativação ineficiente das leveduras. Relativamente às guardadas na sala quente (Figura 50 b)), todos os parâmetros apresentaram resultados (cotações) inferiores às armazenadas a 4 °C, constatando-se o impacto nefasto das elevadas temperaturas de armazenamento na qualidade da cerveja artesanal, independentemente do estilo de cerveja.



Figura 50 a) Representação gráfica dos parâmetros sensoriais, relativos às amostras de cerveja do tipo Índia Pale Ale armazenadas a 4 °C (gráfico da esquerda), para diferentes variáveis e referentes ao tempo final. b) Representação gráfica dos parâmetros sensoriais, relativos às amostras de cerveja do tipo Weiss armazenadas a 37 °C (gráfico da direita), para diferentes variáveis e referentes ao tempo final.

5.5.6 Cotação global

Os juízes, posteriormente à realização da avaliação de cada amostra, dos parâmetros sensoriais descritos na *Beer Scoresheet*, somam a cotação atribuída a cada parâmetro, dando origem à cotação global da amostra. Existe um guia de pontuação, na folha de prova anteriormente referida, onde o estilo de cerveja em análise, pode ser classificada de 0 a 50, ou seja, se problemática a excelente/recomendada, respetivamente.

Com o auxílio do gráfico representado pela Figura 51, constatou-se que, para as amostras referentes ao estilo de cerveja *Weiss*, no tempo zero poderiam ser classificadas de boas a muito boas, apresentando apenas alguns erros mínimos.

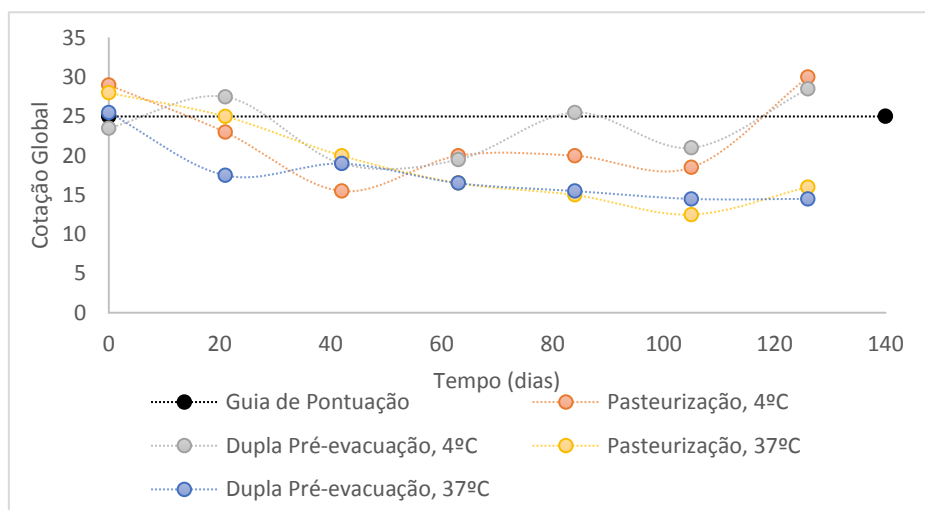


Figura 51 Representação gráfica da cotação global, referente às amostras de cerveja do estilo Weiss, armazenadas a diferentes temperaturas e para diferentes variáveis ao longo do tempo.

Ao longo do tempo, independentemente da variável e da condição de armazenamento em análise, as amostras passaram a ter cotações mais baixas, reflexo do aparecimento de problemas mais agravantes (sabores/aromas indesejáveis ou deficiências para o estilo), consequência da temperatura de armazenamento, fazendo com que estas tenham sido apenas classificadas como razoáveis (a baixo da cotação mínima aceitável, 25). A obtenção destes resultados sensoriais, deve-se ao facto de a levedura ser mais sensível às condições de armazenamento, isto comparativamente as leveduras *A/e* (utilizada na cerveja do estilo *India Pale Ale*). Para além disso, na produção do lote de cerveja do estilo *Weiss*, a levedura utilizada, foi um levedura reutilizada (já teria sido usada para a produção de um lote anterior), possivelmente, não estaria nas melhores condições, podendo ter grande influência na qualidade sensorial da cerveja e no seu enquadramento com o estilo. No entanto, observou-se, para as amostras, correspondentes às variáveis : dupla pré-evacuação e pasteurização, ambas guardadas a 4°C, uma cotação global de 28,50 e 30,00, respetivamente. Algo que não seria de esperar, visto que, a tendência seria de diminuir. Justifica-se o sucedido, com o facto de o painel treinado poder estar influenciado por fatores externos, que podem levar a erros sensoriais. Sugere-se à empresa, a alterações na receita desta cerveja e evitar a uso de leveduras reutilizadas, para a produção de cerveja, sobretudo as mais sensíveis, de forma que possa ficar mais enquadrada no estilo pretendido pelo *BJCP*.

Relativamente ao estilo de cerveja *IPA* (Figura 52), para todos os casos em estudo, no tempo inicial, apresentaram uma classificação de muito bom (amostras pasteurizadas) a excelente (amostras referentes à variável dupla pré-evacuação), sendo que, exemplificam de forma perfeita o estilo.

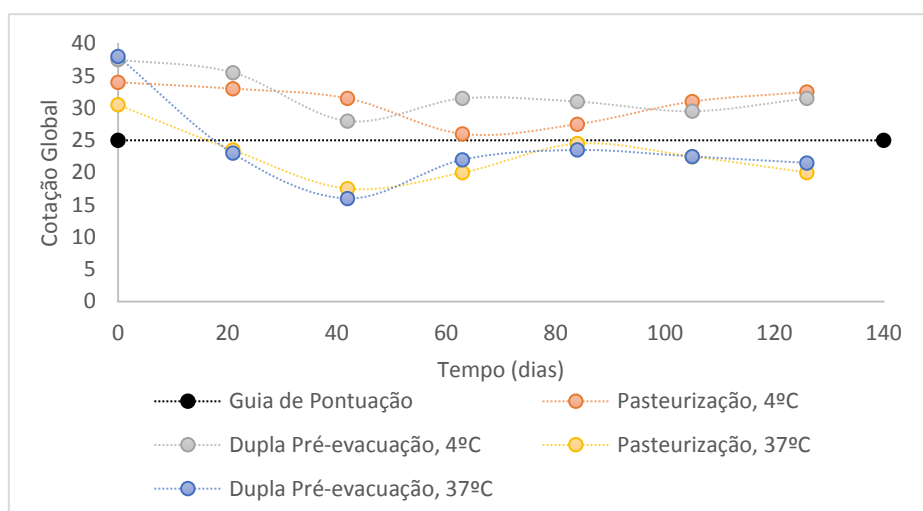


Figura 52 Representação gráfica da cotação global, referente às amostras de cerveja do estilo India Pale Ale, armazenadas a diferentes temperaturas e para diferentes variáveis ao longo do tempo.

Ao longo do tempo de prateleira, as condições de armazenamento, foram afetando as características sensoriais da cerveja, fazendo com que, as amostras guardadas a 37 °C, ficassem abaixo do mínimo aceitável (bom, cotação igual a 25). Para as duas variáveis em estudo e para amostras armazenadas a 37 °C, a sua cotação global foi diminuindo até terem sido atingidos 43 dias de prateleira, sendo que, após este período, a sua classificação permaneceu sem grandes alterações. As garrafas guardadas na câmara fria, apresentaram uma cotação praticamente constante ao longo do tempo, com oscilações aceitáveis, de muito bom, estando esta cerveja enquadrada no estilo. Sugere-se à empresa a realização de pasteurização e, sobretudo, armazenamento do seu stock numa câmara fria (4 °C), uma vez que, para estas condições, se verificou a conservação da qualidade organolética da cerveja ao longo do tempo de prateleira.

As provas de avaliação sensorial foram executadas por apenas dois juízes certificados pelo *BJCP*, o que proporciona um maior erro associado a cada resultado, como se pode verificar nos gráficos representados no capítulo – **5.6 Parâmetros sensoriais (organoléticos)**. Existem outros fatores externos (condições de temperatura das amostras, ambiente onde se realizaram as provas, entre outros) e internos (percepção sensorial, sensibilidade do juiz, condições de saúde, entre outros) aos juízes, que podem contribuir para o aparecimento de alguns resultados díspares, erros associados, e tendo como reflexo o aparecimento de oscilações nos gráficos correspondentes aos parâmetros sensoriais em estudo ou até mesmo tendências/comportamentos que não seriam de esperar.

6. Conclusões e Perspetivas de trabalho

De uma forma geral, com este projeto pretendeu-se analisar pontos críticos do processo cervejeiro e reunir estratégias para otimizar a qualidade da cerveja artesanal. De uma forma mais específica, o objetivo principal deste trabalho consistiu em avaliar a influência de um conjunto de variáveis num lote de cerveja artesanal do tipo *Weiss* e *India Pale Ale*, de modo a compreender quais e de que forma os parâmetros influenciam a qualidade e estabilidade da cerveja ao longo do tempo de prateleira.

Este projeto assenta em 3 fases distintas, sendo que, numa primeira fase, foram identificadas as variáveis a introduzir e definiu-se os parâmetros a monitorizar. Em segundo lugar, elaborou-se o controlo do produto ao longo dos 126 dias de experiência, quantificando e executando um conjunto de perfis de parâmetros físico-químicos e sensoriais. Numa terceira fase, procedeu-se à avaliação e determinação de alterações favoráveis a serem implementadas no processo cervejeiro e de armazenamento.

Com a realização deste trabalho, conclui-se que a temperatura de armazenamento influencia o $^{\circ}\text{Brix}$, o pH, a percentagem de oxigénio dissolvido na cerveja, a velocidade de degradação e consequente estabilidade da cerveja, e suas características organoléticas, em ambos os estilos de cerveja artesanal avaliados. No entanto, no armazenamento na câmara fria (4 °C), essa influência foi positiva, promovendo uma maior estabilidade e conservação da mesma ao longo do tempo de prateleira.

As variáveis estudadas têm implicação considerável na degradação da qualidade da cerveja ao longo do tempo. Para o estilo *Weiss*, relativamente a todas as variáveis em análise, no final deste trabalho (126 dias de prateleira), existe uma discrepância considerável dos valores de $^{\circ}\text{Brix}$, isto comparando ambas as temperaturas de armazenamento. Para a amostra pasteurizada e armazenada a 4 °C, foi obtido um valor de $^{\circ}\text{Brix}$ de $6,60 \pm 0,10$, já a 37 °C foi de $6,20 \pm 0,10$, verificando-se um decréscimo de 40 %. No caso da variável dupla pré-evacuação, obteve-se um decréscimo do $^{\circ}\text{Brix}$ de 1,10, passando de $6,70 \pm 0,00$ (4 °C) para $5,60 \pm 0,00$ (37 °C). Por último, no que à refermentação diz respeito, relativamente ao armazenamento a 4 °C, o valor de $^{\circ}\text{Brix}$ foi de $6,70 \pm 0,00$, e de $5,00 \pm 0,00$, para a amostra conservada na sala quente, obtendo-se um decréscimo de 1,70 $^{\circ}\text{Brix}$.

Também se concluiu que as amostras correspondentes à variável refermentação, para ambos os tipos de cerveja em estudo, apresentaram valores de *°Brix*, nos tempos iniciais, superiores ($Weiss_{\text{refermentação, } T=4^{\circ}\text{C}}=6,50 \pm 0,10$; $Weiss_{\text{refermentação, } T=37^{\circ}\text{C}}=6,50 \pm 0,00$; $IPA_{\text{refermentação, } T=4^{\circ}\text{C}}=7,40 \pm 0,00$; $IPA_{\text{refermentação, } T=37^{\circ}\text{C}}=7,10 \pm 0,10$) ao das restantes variáveis, mas normalmente a partir do 63º dia de prateleira, esse valor começa a descer drasticamente, consequência da reativação da levedura, uma vez que, contém percentagens de açúcares e de oxigénio suficientes. Por sua vez, induziu o aumento da concentração dos compostos minoritários (ésteres, ácidos gordos, compostos carbonilados, álcoois superiores e monoterpénicos), provocando alterações sensoriais desejáveis ou indesejáveis, e maioritários, principalmente ácidos orgânicos (ácido acético, o ácido cítrico, o ácido málico e o ácido láctico, entre outros), levando a uma diminuição do pH, razão pela qual, as amostras referentes a esta variável apresentarem, nos últimos tempos de análise, valores de pH ligeiramente inferiores, comparativamente ao das outras variáveis (maior acidez). Isto deve-se ao processo de refermentação em garrafa, em que estas amostras, possivelmente apresentavam uma maior concentração destes compostos em relação às restantes variáveis, para além de exibirem, principalmente nas garrafas com cerveja *Weiss* e armazenadas a 37 °C, uma maior pressão interna.

Pouco se pode concluir em relação ao parâmetro oxigénio dissolvido na cerveja - uma vez que, os resultados alcançados não vão de encontro ao esperado. No entanto, para ambas as cervejas estudadas, o processo de enchimento pode ser um fator crucial para a presença de valores de O_2 acima dos descritos na literatura. Este é certamente o potencial problema para a aceleração de reações de oxidação ao longo do tempo de prateleira e responsável pela perda de características sensoriais da cerveja (comprovadas com o resultado das provas cegas, elaboradas pelo painel treinado). Visto que, a percentagem de oxigénio dissolvido na cerveja, para a variável dupla pré-evacuação, chegou a atingir $16,40 \% \pm 0,35 \%$, para a cerveja *Weiss* (armazenada a 37 °C), e $16,40 \% \pm 0,35 \%$, para a cerveja *India Pale Ale* (37 °C). Conclui-se que, existe um aumento de 15,05 % de oxigénio dissolvido nas cervejas em estudo, para os parâmetros anteriormente referidos, uma vez que, segundo a literatura, a percentagem de O_2 dissolvido na cerveja, deveria de ser 1,35 %. Muita dessa percentagem ou quantidade de oxigénio presente na garrafa, foi consequência do ar, inclusive oxigénio, que ficou retido no *head space*, estimulando o fenómeno de oxidação e consequentemente perda das características sensoriais da cerveja ao longo do tempo de prateleira. Conclui-se que, o processo de enchimento (dupla pré-evacuação com CO_2) não apresenta a eficiência esperada, uma vez que, o oxigénio que ficou retido no *head space*,

pode ter-se dissolvido na cerveja, e a máquina que introduz a carga na garrafa, pode não estar devidamente calibrada (calibração da pressão, ar comprimido) e, conseqüentemente, não a coloca de uma forma correta, podendo esta não vedar corretamente o orifício da garrafa.

Chegou-se à conclusão que, para ambos os estilos de cerveja artesanal em estudo, a velocidade de degradação da espuma é superior para a variável refermentação, comparativamente às restantes variáveis. As temperaturas em análise também se traduzem numa velocidade de degradação da espuma superior, ou seja, numa menor estabilidade da espuma, principalmente para as cervejas do estilo *Weiss*. Conclui-se que, o processo de refermentação afeta negativamente a qualidade e constituição da espuma, com consequência na estabilidade da mesma ao longo do tempo de prateleira. Sendo que, esse valor tende a aumentar ao longo do tempo, refletindo-se numa menor estabilidade da espuma, consequência da refermentação que se fez sentir na garrafa.

Foi possível concluir que, para ambos os estilos de cerveja (*Weiss* e *India Pale Ale*), o processo de pasteurização foi eficiente, uma vez que, verificou-se os valores de °Brix e pH, não sofreram alterações significativas. Sendo que, comparativamente com as restantes variáveis (dupla pré-evacuação e refermentação), esta apresentou uma menor variação do °Brix e pH ao longo do tempo de prateleira. Deste modo, permite chegar à conclusão de que as leveduras estariam inativas.

Em termos organoléticos, conclui-se que, para os dois tipos de cerveja artesanal e para todas as variáveis em estudo, a temperatura de armazenamento a 37 °C, como já referido anteriormente, teve um efeito negativo nos parâmetros sensoriais (aroma, sabor, aparência, sensações na boca e impressões gerais), ao longo do tempo em que se realizou o trabalho experimental, realizado pelos juízes certificados através do *BJCP*. Esse efeito foi agravado pela oxidação da cerveja, causada por essa mesma temperatura de prateleira, pelo contacto com o oxigénio presente no *head space*, por compostos (ácido orgânicos, carbonilos, entre outros) obtidos devido à cerveja estar a essas temperaturas ou por microrganismos contaminantes. Relativamente à cerveja *India Pale Ale*, talvez devido às suas características principais, o seu aroma lupulado, já que este tem propriedades antimicrobiológicas e antioxidantes, poderá, de certa forma, ter prevenido a contaminação por microrganismos indesejados e reduzindo a ocorrência de oxidações na cerveja, prolongando as suas características sensoriais originais. Visto que, esta apresentou apenas pequenos decréscimos nas suas qualidades. Deste modo, o armazenamento da cerveja na câmara fria (4 °C) permitiu uma melhor qualidade e conservação das características

organoléticas da cerveja, isto para as duas variáveis em estudo, ao longo do tempo. A pasteurização da cerveja artesanal teve um ligeiro efeito nas propriedades sensoriais analisadas pelos juízes, no entanto, para ambos os estilos de cerveja, este processo deve ser adotado pela empresa. Principalmente, para a cerveja do estilo *Weiss*, por ser mais sensível, em contrapartida, a *India Pale Ale* tem um poder antioxidante superior, que lhe foi conferido pelas elevadas quantidades de lúpulo utilizadas na sua produção. Por último, conclui-se que para o tipo de cerveja *Weiss*, relativamente às duas variáveis e duas temperaturas de armazenamento, só no primeiro ponto (amostra padrão) é que estava nas condições mínimas para consumo, posto isto, foi piorando ao longo do tempo da experiência, ficando inapta (cotação global abaixo dos 25) para consumo. No caso da *India Pale Ale*, no início todas as variáveis estavam em ótimas condições de consumo, com o passar do tempo de armazenamento, apenas as amostras conservadas a 4 °C estavam aptas (tendo sido, de uma forma geral, classificadas como muito boa) e enquadradas no estilo.

Chegou-se à conclusão que, as cervejas do estilo *Weiss* e do estilo *India Pale Ale* devem ser pasteurizadas e armazenadas na câmara fria, uma vez que, o método pasteurização apresenta-se como uma solução viável para uma neutralização da atividade microbiana e consequente melhoramento da estabilidade da cerveja ao longo do tempo de prateleira. Esta conclusão é mais evidente no estilo de cerveja *Weiss*.

No caso da *India Pale Ale*, o seu tempo de prateleira seria superior a 126 dias, sendo esta pasteurizada ou armazenada na câmara fria (4 °C), uma vez que, através do painel treinado, esta apresentou as características sensoriais apropriadas ao estilo em questão. Relativamente à cerveja artesanal do estilo *Weiss*, apenas se pode concluir que, foi permitida a conservação da sua qualidade até 21 dias de prateleira, uma vez que, após este dia a cotação global foi inferior a 25, não estando totalmente enquadrada no estilo. Em suma, a cerveja do estilo *India Pale Ale* mostra-se mais estável durante o período do estudo, apresentando alterações mínimas nas variáveis estudadas.

Propõe-se que a empresa otimize todo o processo de engarrafamento (enchimento e capsulagem), com o objetivo de diminuir ou, idealmente, impedir o contacto da cerveja artesanal com o ar, ou seja, oxigénio. Sendo que, deste modo, irá impedir reações de degradação (oxidação) e produção de compostos prejudiciais, por intermédio de microrganismos, para a cerveja, mantendo assim a sua estabilidade (características organoléticas) ao longo do tempo de prateleira.

Recomenda-se o armazenamento de todo o *stock* de cerveja artesanal, ambos os estilos analisados, numa câmara fria (4 °C), de forma a preservar a sua qualidade, durante o seu tempo de prateleira.

Para trabalhos futuros a serem desenvolvidos na empresa, sugiro um estudo semelhante ao deste projeto, onde se pretenda analisar a qualidade da cerveja artesanal ao longo do tempo, em garrafa e/ou em barril, optando pelos mesmos estilos de cerveja (*Weiss* e *India Pale Ale*) ou mesmo outros. Elegendo as mesmas variáveis e parâmetros de avaliação, ou até mesmo adicionando/substituindo alguma variável/parâmetro (substituir °Brix por Plato ou Gravidade Específica), com o objetivo de implementar possíveis melhorias, identificadas ao processo de fabrico no final do estudo.

Bibliografia

- Aron, P. M., Shellhammer, T. H., & Brew, J. I. (2011). A Discussion of Polyphenols in Beer Physical and Flavour Stability, *116*(4), 369–380.
- Bamforth, C., (2003). *Beer: Tap into the Art and Science of Brewing*, Second Edition, Oxford University Press, Inc.
- Beer, Q. C. (2014). Best Practices Guide to Quality Craft Beer.
- Bickham, S., Houseman, D., Sapsis, D., Lazzari, F., Roberto, P., & Santa, D. (2012). Guia de estudo para os exames de cerveja do bjcp.
- Brewers Association (2003). *Best Practices Guide to Quality Craft Beer - Delivering Optimal Flavor to the Consumer*, Brewers Association, U.S.
- Briggs, D. E., *et al.* (1971). *Malting and Brewing Science – Volume II Hopped Wort and Beer*, Second Edition, London and New York, Chapman and Hall Ltd.
- Briggs, D. E., Boulton, C. a., Brookes, P. a., & Steven, R. (2004). *Brewing: science and practice. Journal of the Science of Food and Agriculture* (Vol. 86).
- Bubacz, M., P. T. McCreanor and H. E. Jenkins (2013). *Engineering of Beer: Hard Work or Too Much Fun?*, ASEE SE Conference Proceedings.
- Canonico, Laura, Comitini, Francesca, Ciani, Maurizio (2014). *Dominance and influence of selected Saccharomyces cerevisiae strains on the analytical profile of craft beer refermentation*. Institute of Brewing & Distilling, 262–267.
- Carvalho, J.B.M., Felipe, M.G., Matos G., Silva, J.B., Silva, D.P., Teixeira, J.A., Vicente, A.; (2009). *Análise da Fermentação em Bioreatores Cilindrocônicos de Bancada na Elaboração de Cerveja com Adjuvante de Banana*, XVII Simpósio Nacional de Bioprocessos, Natal, Brasil.
- Delhi, N. (1999). How to measure dissolved oxygen (DO). *Training*, (May).
- Edens, L., Farrok, F., Frantsiskus, L.A., Bertus, V. der P.J. (1992), Patente US5106633.

Esslinger, H. M. (2009) *Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets*, Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Esslinger, H. M. e Narziss, L. (2005). *Beer*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Federal Republic of Germany.

Gaddy, V.L., Wiebe, R., (1940). The Solubility of Carbon Dioxide in Water at Various Temperatures from 12 to 40° and at Pressures to 500 Atmospheres. *J. Am. Chem. Soc.*, 62 (4), pp 815–817.

Giovenzana, V., Beghi, R., Guidetti, R., *Rapid evaluation of craft beer quality during fermentation process by vis/NIR spectroscopy*, *Journal of Food Engineering* 142 (2014): 80-86.

Hansen, M. (2011). *Avaliação dos processos de oxidação em cervejas tipo Pilsen*, Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Heuberger, A. L., Broeckling, C. D., Lewis, M. R., Salazar, L., Bouckaert, P., & Prenni, J. E. (2012). Metabolomic profiling of beer reveals effect of temperature on non-volatile small molecules during short-term storage. *Food Chemistry*, 135(3), 1284–1289.

Hornsey, I. S., & Britain, R. S. of C. (Great. (1999). *Brewing*.

Kleinhenz, M.D.; Bumgarner, N.R. (2012) *Using Brix as an indicator of vegetable Quality*, Department of Horticulture and Crop Science, Ohio State University.

Kuck, L. S. (2008). Cerveja : Sabor e Aroma. *Universidade Federal de Pelotas*, 46.

Linko, M., Haikara, A., Ritala, A., & Penttilä, M. (1998). Recent advances in the malting and brewing industry Based on a lecture held at the symposium 'Biotechnology in advanced food and feed processing', at the 8th European Congress on Biotechnology (ECB8) in Budapest, Hungary, August 1997.1. *Journal of Biotechnology*, 65(2-3), 85–98.

Magnuson, J. K., & Lasure, L. L. (2004). Organic Acid Production by Filamentous Fungi. *Advances in Fungal Biotechnology for Industry, Agriculture, and Medicine*, 307–340.

Matos, R., 2011, *Cerveja: Panorama do mercado, produção artesanal e avaliação de aceitação e preferência*, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Mignani, A.G., Ciaccheri, L., Mencagli, A.A., Ottevaer, H., Baca, E., Thienpont, H., (2013). *Optical measurements and pattern-recognition techniques for identifying the characteristics of beer*

and distinguishing Belgian beers, Sensors and Actuators B 179, 2013, 140-149.

Part, C. A. S., & Lifestyle, O. F. A. H. (2016). Beer and Health Moderate Consumption As Part.

Pasteuriza, D. O. E. D. E. (2008). Ariéder Adelmo Anselmo Willian Polam Zielonca Ariéder Adelmo Anselmo Willian Polam Zielonca.

Pires, E. J., Teixeira, J. A., Brányik, T., Vicente, A. (2014). *Yeast: the soul of beer's aroma – review of flavour-active esters and higher alcohol produced by the bee wine yeast*. Applied microbiology and biotechnology: 1937-1949.

Priest, F.G., *et al.* (2006). *Handbook of Brewing*, Boca Raton: Taylor & Francis Group.

Rebello, Flávia De Floriani Pozza, *Produção de cerveja*, IF Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes, Brasil, 2009.

Sarlin, T. (2012). Detection and characterisation of Fusarium hydrophobins inducing gushing in beer.

Strong, G., & England, K. (2015). Beer Judge Certification Program 2015 Style Guidelines. *Beer Judge Certification Program*, 93.

Tobergte, D. R., & Curtis, S. (2013). *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53).

Vaz, A., Moreira, R., Hogg, T., (2000). Introdução ao HACCP, Associação para a Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica, Serviços de Edição da ESB/UCP, 1-52.

Ward, I. L. (2011). The Nature , Formation & Prevention of Beer Hazes.

Wolf-Hall, C. E. (2007). Mold and mycotoxin problems encountered during malt ing and brewing., *International Journal of Food Microbiology*, vol 119, pag 89–94.

Webgrafia

<http://www.brewersofeurope.org/site/index.php>, site consultado a 20/03/2016.

<http://www.publico.pt/ciencias/jornal/cerveja-artesanal-do-minho-com-sabores-diferentes-para-cada-letra-do-alfabeto-27404727>, site consultado a 20/03/2016.

<http://www.cervejaletra.pt/>, site consultado a 20/03/2016.

<http://www.novonorte.qren.pt/pt/press-room/testemunhos/fermentum-engenharia-das-fermentacoes-lda/>, site consultado a 20/03/2016.

<http://www.ceb.uminho.pt/Spinoffs/Fermentum>, site consultado a 20/03/2016.

<https://microbrewery.wordpress.com>, site consultado a 21/04/2016.

<http://www.fao.org/docrep/005/Y1579E/Y1579E00.HTM>, site consultado a 07/02/2016.

<http://www.bjcp.org/>, site consultado a 08/05/2016.

<http://www.cerveja-magazine.pt/2015/04/a-carbonatacao-da-cerveja/>, site consultado a 8/05/2016.

<http://www.cerveja-magazine.pt/2015/08/a-analise-sensorial/>, site consultado a 13/06/2016.

<https://www.brewersassociation.org/press-releases/2016-beer-style-guidelines/>, site consultado a 11/10/2016.

<http://brejada.com/panela-caseira-maltes/#.WAff6uArKM8>, site consultado a 18/10/2016.

Anexos

Anexo A

Tabela A.1 Resultados obtidos relativos à análise química das amostras de cerveja artesanal do estilo Weiss, armazenadas a 4 °C , para a variável pasteurização ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado

Tempo (Dias)	°Brix	Média	Erro	pH	Média	Erro	Oxigénio dissolvido (mg/L)	Média	Erro	Oxigénio dissolvido (%)	Média	Erro	Estabilidade da espuma (s)	Velocidade de degradação da espuma (mm/s)
0	6,20	6,17	0,12	4,30	4,30	0,00	0,60	0,73	0,47	1,30	1,57	0,94	335,00	1,19
	6,10			4,30			1,00			2,10				
	6,20			4,30			0,60			1,30				
21	6,50	6,47	0,12	4,24	4,24	0,00	0,50	0,50	0,00	0,90	1,00	0,20	560,00	0,71
	6,40			4,24			0,50			1,00				
	6,50			4,24			0,50			1,10				
42	6,30	6,27	0,12	4,27	4,28	0,01	1,70	1,73	0,12	3,90	3,93	0,31	660,00	0,61
	6,30			4,28			1,70			3,80				
	6,20			4,28			1,80			4,10				
63	6,50	6,57	0,12	4,28	4,27	0,01	2,20	2,30	0,35	5,60	5,70	0,35	750,00	0,53
	6,60			4,27			2,50			5,90				
	6,60			4,27			2,20			5,60				
84	6,70	6,63	0,12	4,29	4,28	0,01	5,00	4,93	0,12	11,40	11,30	0,20	791,00	0,51
	6,60			4,28			4,90			11,20				
	6,60			4,28			4,90			11,30				
105	6,70	6,67	0,12	4,24	4,24	0,00	4,20	4,17	0,12	9,30	9,17	0,23	620,00	0,65
	6,60			4,24			4,10			9,10				
	6,70			4,24			4,20			9,10				
126	6,70	6,63	0,12	4,25	4,25	0,01	1,80	1,80	0,00	4,00	4,00	0,00	380,00	1,05
	6,60			4,26			1,80			4,00				
	6,60			4,25			1,80			4,00				

Tabela A.2 Resultados obtidos relativos à análise química das amostras de cerveja artesanal do estilo Weiss, armazenadas a 37 °C, para a variável pasteurização ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado

Tempo (Dias)	°Brix	Média	Erro	pH	Média	Erro	Oxigénio dissolvido (mg/L)	Média	Erro	Oxigénio dissolvido (%)	Média	Erro	Estabilidade da espuma (s)	Velocidade de degradação da espuma (mm/s)
0	6,10	6,17	0,12	4,30	4,30	0,01	0,60	0,63	0,12	1,30	1,37	0,23	330,00	1,21
	6,20			4,31			0,70			1,50				
	6,20			4,30			0,60			1,30				
21	6,40	6,33	0,12	4,20	4,20	0,00	0,40	0,40	0,00	0,80	0,87	0,23	360,00	1,11
	6,30			4,20			0,40			0,80				
	6,30			4,20			0,40			1,00				
42	6,30	6,33	0,12	4,21	4,21	0,01	3,90	3,83	0,12	9,30	9,23	0,23	350,00	1,14
	6,40			4,22			3,80			9,30				
	6,30			4,21			3,80			9,10				
63	6,20	6,17	0,12	4,37	4,32	0,08	6,00	6,00	0,00	15,60	15,53	0,12	348,00	1,15
	6,10			4,30			6,00			15,50				
	6,20			4,30			6,00			15,50				
84	6,20	6,17	0,12	4,32	4,32	0,00	6,20	6,10	0,20	15,70	15,57	0,23	320,00	1,25
	6,10			4,32			6,10			15,50				
	6,20			4,32			6,00			15,50				
105	6,20	6,20	0,00	4,31	4,31	0,00	3,90	3,87	0,12	10,60	10,57	0,12	300,00	1,33
	6,20			4,31			3,90			10,60				
	6,20			4,31			3,80			10,50				
126	6,20	6,23	0,12	4,29	4,29	0,00	3,30	3,27	0,12	8,80	8,67	0,31	310,00	1,29
	6,20			4,29			3,30			8,70				
	6,30			4,29			3,20			8,50				

Tabela A.3 Resultados obtidos relativos à análise química das amostras de cerveja artesanal do estilo Weiss, armazenadas a 4 °C para a variável dupla pré-evacuação ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado

Tempo (Dias)	°Brix	Média	Erro	pH	Média	Erro	Oxigénio dissolvido (mg/L)	Média	Erro	Oxigénio dissolvido (%)	Média	Erro	Estabilidade da espuma (s)	Velocidade de degradação da espuma (mm/s)
0	6,20	6,20	0,00	4,30	4,30	0,00	0,60	0,57	0,12	1,30	1,23	0,23	510,00	0,78
	6,20			4,30			0,50			1,10				
	6,20			4,30			0,60			1,30				
21	6,40	6,47	0,12	4,22	4,21	0,01	0,50	0,57	0,12	1,00	1,20	0,35	690,00	0,58
	6,50			4,21			0,60			1,30				
	6,50			4,21			0,60			1,30				
42	6,60	6,53	0,12	4,26	4,25	0,01	3,00	3,13	0,31	6,20	6,43	0,51	690,00	0,58
	6,50			4,25			3,10			6,40				
	6,50			4,25			3,30			6,70				
63	6,60	6,57	0,12	4,28	4,27	0,02	3,30	3,23	0,12	6,70	6,57	0,23	576,00	0,69
	6,60			4,26			3,20			6,50				
	6,50			4,26			3,20			6,50				
84	6,60	6,60	0,00	4,29	4,29	0,00	4,30	4,30	0,00	9,60	9,57	0,12	531,00	0,75
	6,60			4,29			4,30			9,50				
	6,60			4,29			4,30			9,60				
105	6,60	6,63	0,12	4,21	4,21	0,00	4,00	3,93	0,12	8,70	8,43	0,47	510,00	0,78
	6,70			4,21			3,90			8,30				
	6,60			4,21			3,90			8,30				
126	6,70	6,70	0,00	4,25	4,25	0,00	2,20	2,20	0,00	4,90	4,90	0,00	390,00	1,03
	6,70			4,25			2,20			4,90				
	6,70			4,25			2,20			4,90				

Tabela A.4 Resultados obtidos relativos à análise química das amostras de cerveja artesanal do estilo Weiss, armazenadas a 37 °C, para a variável dupla pré-evacuação ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado

Tempo (Dias)	°Brix	Média	Erro	pH	Média	Erro	Oxigénio dissolvido (mg/L)	Média	Erro	Oxigénio dissolvido (%)	Média	Erro	Estabilidade da espuma (s)	Velocidade de degradação da espuma (mm/s)
0	6,10	6,17	0,12	4,30	4,30	0,00	0,60	0,57	0,12	1,30	1,23	0,23	517,00	0,77
	6,20			4,30			0,50			1,10				
	6,20			4,30			0,60			1,30				
21	6,30	6,27	0,12	4,16	4,16	0,00	0,30	0,33	0,12	0,80	0,83	0,12	390,00	1,03
	6,30			4,16			0,30			0,80				
	6,20			4,16			0,40			0,90				
42	6,30	6,30	0,00	4,18	4,18	0,01	3,70	3,57	0,23	8,60	8,40	0,35	345,00	1,16
	6,30			4,18			3,50			8,30				
	6,30			4,19			3,50			8,30				
63	6,10	6,10	0,00	4,37	4,36	0,02	6,90	6,33	1,00	17,50	16,17	2,35	346,00	1,16
	6,10			4,35			6,10			15,60				
	6,10			4,35			6,00			15,40				
84	6,10	6,03	0,12	4,31	4,29	0,05	6,40	6,37	0,12	16,50	16,40	0,35	390,00	1,03
	6,00			4,30			6,40			16,50				
	6,00			4,26			6,30			16,20				
105	6,00	6,00	0,00	4,35	4,34	0,01	3,80	3,70	0,20	10,00	9,90	0,20	460,00	0,87
	6,00			4,34			3,70			9,90				
	6,00			4,34			3,60			9,80				
126	5,60	5,60	0,00	4,27	4,27	0,01	3,00	3,00	0,00	7,80	7,77	0,12	250,00	1,60
	5,60			4,26			3,00			7,80				
	5,60			4,27			3,00			7,70				

Tabela A.5 Resultados obtidos relativos à análise química das amostras de cerveja artesanal do estilo Weiss, armazenadas a 4 °C, para a variável refermentação ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado

Tempo (Dias)	°Brix	Média	Erro	pH	Média	Erro	Oxigénio dissolvido (mg/L)	Média	Erro	Oxigénio dissolvido (%)	Média	Erro	Estabilidade da espuma (s)	Velocidade de degradação da espuma (mm/s)
0	6,50	6,47	0,12	4,30	4,30	0,00	0,50	0,60	0,20	1,10	1,30	0,41	275,00	1,45
	6,40			4,30			0,60			1,30				
	6,50			4,30			0,70			1,50				
21	6,60	6,57	0,12	4,21	4,21	0,00	0,30	0,30	0,00	0,60	0,60	0,00	210,00	1,90
	6,60			4,21			0,30			0,60				
	6,50			4,21			0,30			0,60				
42	6,60	6,60	0,00	4,25	4,26	0,01	3,10	3,00	0,20	6,30	6,17	0,31	190,00	2,11
	6,60			4,26			2,90			6,00				
	6,60			4,26			3,00			6,20				
63	6,60	6,63	0,12	4,29	4,27	0,04	3,80	3,83	0,12	8,50	8,63	0,47	200,00	2,00
	6,70			4,27			3,90			8,90				
	6,60			4,25			3,80			8,50				
84	6,40	6,50	0,20	4,35	4,33	0,04	4,10	4,07	0,12	9,00	9,00	0,00	185,00	2,16
	6,50			4,32			4,00			9,00				
	6,60			4,32			4,10			9,00				
105	6,70	6,70	0,00	4,20	4,20	0,01	3,50	3,47	0,12	7,70	7,53	0,31	390,00	1,03
	6,70			4,21			3,50			7,50				
	6,70			4,20			3,40			7,40				
126	6,70	6,70	0,00	4,21	4,21	0,00	1,90	1,90	0,00	4,10	4,10	0,00	390,00	1,03
	6,70			4,21			1,90			4,10				
	6,70			4,21			1,90			4,10				

Tabela A. 6 Resultados obtidos relativos à análise química das amostras de cerveja artesanal do estilo Weiss, armazenadas a 37 , °C para a variável refermentação ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado

Tempo (Dias)	°Brix	Média	Erro	pH	Média	Erro	Oxigénio dissolvido (mg/L)	Média	Erro	Oxigénio dissolvido (%)	Média	Erro	Estabilidade da espuma (s)	Velocidade de degradação da espuma (mm/s)
0	6,50	6,50	0,00	4,30	4,30	0,00	0,50	0,57	0,12	1,10	1,23	0,23	260,00	1,54
	6,50			4,30			0,60			1,30				
	6,50			4,30			0,60			1,30				
21	6,60	6,50	0,20	4,21	4,21	0,00	0,30	0,37	0,12	0,70	0,80	0,20	340,00	1,18
	6,50			4,21			0,40			0,80				
	6,40			4,21			0,40			0,90				
42	6,40	6,27	0,23	4,21	4,22	0,01	4,10	4,13	0,12	9,50	9,57	0,23	420,00	0,95
	6,20			4,22			4,20			9,70				
	6,20			4,22			4,10			9,50				
63	6,20	6,27	0,12	4,37	4,35	0,03	5,30	5,33	0,31	13,50	13,67	0,77	435,00	0,92
	6,30			4,34			5,20			13,40				
	6,30			4,35			5,50			14,10				
84	5,60	5,67	0,12	4,33	4,32	0,04	6,00	5,93	0,23	15,90	15,73	0,42	400,00	1,00
	5,70			4,33			6,00			15,80				
	5,70			4,30			5,80			15,50				
105	5,70	5,67	0,12	4,21	4,21	0,00	4,00	3,90	0,20	10,40	10,13	0,51	395,00	1,01
	5,60			4,21			3,90			10,10				
	5,70			4,21			3,80			9,90				
126	5,00	5,00	0,00	4,18	4,18	0,00	2,40	2,40	0,00	6,40	6,40	0,00	390,00	1,03
	5,00			4,18			2,40			6,40				
	5,00			4,18			2,40			6,40				

Tabela A. 7 Resultados obtidos relativos à análise química das amostras de cerveja artesanal do estilo India Pale Ale, armazenadas a 4 °C, para a variável pasteurização ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado

Tempo (Dias)	°Brix	Média	Erro	pH	Média	Erro	Oxigénio dissolvido (mg/L)	Média	Erro	Oxigénio dissolvido (%)	Média	Erro	Estabilidade da espuma (s)	Velocidade de degradação da espuma (mm/s)
0	7,13	7,13	0,00	4,45	4,45	0,00	0,60	0,57	0,12	1,30	1,23	0,23	300,00	1,33
	7,13			4,45			0,50			1,10				
	7,13			4,45			0,60			1,30				
21	7,10	7,17	0,12	4,41	4,42	0,01	0,20	0,20	0,00	0,50	0,50	0,00	690,00	0,58
	7,20			4,42			0,20			0,50				
	7,20			4,42			0,20			0,50				
42	7,20	7,17	0,12	4,46	4,47	0,01	3,60	3,37	1,00	7,50	7,00	2,12	720,00	0,56
	7,10			4,47			3,70			7,70				
	7,20			4,47			2,80			5,80				
63	7,40	7,33	0,12	4,47	4,46	0,03	3,70	3,70	0,00	7,70	7,97	0,47	650,00	0,62
	7,30			4,46			3,70			8,10				
	7,30			4,44			3,70			8,10				
84	7,40	7,33	0,12	4,48	4,48	0,01	5,10	5,07	0,12	11,70	11,67	0,12	630,00	0,63
	7,30			4,47			5,10			11,70				
	7,30			4,48			5,00			11,60				
105	7,50	7,50	0,00	4,46	4,46	0,00	4,20	4,17	0,12	9,70	9,60	0,20	630,00	0,63
	7,50			4,46			4,20			9,60				
	7,50			4,46			4,10			9,50				
126	7,30	7,30	0,00	4,44	4,44	0,01	2,00	2,00	0,00	4,40	4,40	0,00	480,00	0,83
	7,30			4,45			2,00			4,40				
	7,30			4,44			2,00			4,40				

Tabela A. 8 Resultados obtidos relativos à análise química das amostras de cerveja artesanal do estilo India Pale Ale, armazenadas a 37 °C, para a variável pasteurização ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado

Tempo (Dias)	°Brix	Média	Erro	pH	Média	Erro	Oxigénio dissolvido (mg/L)	Média	Erro	Oxigénio dissolvido (%)	Média	Erro	Estabilidade da espuma (s)	Velocidade de degradação da espuma (mm/s)
0	7,13	7,13	0,00	4,45	4,45	0,00	0,60	0,57	0,12	1,30	1,23	0,23	310,00	1,29
	7,13			4,45			0,60			1,30				
	7,13			4,45			0,50			1,10				
21	7,10	7,03	0,12	4,33	4,34	0,02	0,30	0,30	0,00	0,50	0,57	0,12	840,00	0,48
	7,00			4,34			0,30			0,60				
	7,00			4,35			0,30			0,60				
42	7,00	7,00	0,00	4,36	4,36	0,00	3,60	3,57	0,12	8,70	8,67	0,12	950,00	0,42
	7,00			4,36			3,60			8,70				
	7,00			4,36			3,50			8,60				
63	6,90	6,87	0,12	4,41	4,41	0,00	5,40	5,43	0,12	13,40	13,53	0,31	960,00	0,42
	6,90			4,41			5,50			13,70				
	6,80			4,41			5,40			13,50				
84	6,90	6,83	0,12	4,46	4,46	0,00	6,00	6,07	0,12	15,40	15,57	0,31	755,00	0,53
	6,80			4,46			6,10			15,70				
	6,80			4,46			6,10			15,60				
105	6,80	6,73	0,12	4,45	4,44	0,01	3,90	3,87	0,12	9,80	9,73	0,23	750,00	0,53
	6,70			4,44			3,90			9,80				
	6,70			4,44			3,80			9,60				
126	6,90	6,90	0,00	4,45	4,45	0,01	2,00	2,00	0,00	5,00	5,00	0,00	720,00	0,56
	6,90			4,46			2,00			5,00				
	6,90			4,45			2,00			5,00				

Tabela A. 9 Resultados obtidos relativos à análise química das amostras de cerveja artesanal do estilo India Pale Ale, armazenadas a 4 °C, para a variável dupla pré-evacuação ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado

Tempo (Dias)	°Brix	Média	Erro	pH	Média	Erro	Oxigénio dissolvido (mg/L)	Média	Erro	Oxigénio dissolvido (%)	Média	Erro	Estabilidade da espuma (s)	Velocidade de degradação da espuma (mm/s)
0	7,13	7,13	0,00	4,45	4,45	0,01	0,50	0,50	0,00	1,10	1,10	0,00	360,00	1,11
	7,13			4,45			0,50			1,10				
	7,13			4,44			0,50			1,10				
21	7,10	7,17	0,12	4,41	4,41	0,02	0,60	0,60	0,00	1,20	1,23	0,12	780,00	0,51
	7,20			4,42			0,60			1,30				
	7,20			4,40			0,60			1,20				
42	7,20	7,20	0,00	4,46	4,46	0,00	3,10	2,90	0,35	6,40	5,93	0,82	780,00	0,51
	7,20			4,46			2,80			5,70				
	7,20			4,46			2,80			5,70				
63	7,10	7,13	0,12	4,48	4,46	0,04	4,60	4,57	0,12	9,80	9,73	0,23	795,00	0,50
	7,20			4,45			4,60			9,80				
	7,10			4,45			4,50			9,60				
84	7,20	7,20	0,00	4,53	4,53	0,01	4,90	4,93	0,12	10,60	10,67	0,12	655,00	0,61
	7,20			4,52			4,90			10,70				
	7,20			4,53			5,00			10,70				
105	7,50	7,43	0,12	4,45	4,45	0,00	4,00	4,00	0,00	9,10	9,03	0,12	570,00	0,70
	7,40			4,45			4,00			9,00				
	7,40			4,45			4,00			9,00				
126	7,10	7,13	0,12	4,45	4,44	0,01	1,70	1,70	0,00	3,80	3,83	0,12	510,00	0,78
	7,20			4,44			1,70			3,80				
	7,10			4,44			1,70			3,90				

Tabela A. 10 Resultados obtidos relativos à análise química das amostras de cerveja artesanal do estilo India Pale Ale, armazenadas a 37 °C para a variável dupla pré-evacuação ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado

Tempo (Dias)	°Brix	Média	Erro	pH	Média	Erro	Oxigénio dissolvido (mg/L)	Média	Erro	Oxigénio dissolvido (%)	Média	Erro	Estabilidade da espuma (s)	Velocidade de degradação da espuma (mm/s)
0	7,13	7,13	0,00	4,44	4,45	0,01	0,50	0,47	0,12	1,10	1,07	0,12	350,00	1,14
	7,13			4,45			0,40			1,00				
	7,13			4,45			0,50			1,10				
21	6,90	6,83	0,12	4,36	4,37	0,01	0,30	0,37	0,12	0,80	0,90	0,20	852,00	0,47
	6,80			4,37			0,40			0,90				
	6,80			4,37			0,40			1,00				
42	6,80	6,80	0,00	4,38	4,38	0,01	3,30	3,07	0,51	8,50	7,93	1,04	960,00	0,42
	6,80			4,37			3,10			7,80				
	6,80			4,38			2,80			7,50				
63	6,90	6,90	0,00	4,47	4,46	0,01	6,10	6,13	0,12	15,40	15,40	0,20	685,00	0,58
	6,90			4,46			6,20			15,50				
	6,90			4,46			6,10			15,30				
84	6,80	6,87	0,12	4,54	4,53	0,01	6,50	6,43	0,12	16,60	16,40	0,35	840,00	0,48
	6,90			4,53			6,40			16,30				
	6,90			4,53			6,40			16,30				
105	6,70	6,70	0,00	4,48	4,48	0,00	2,10	2,17	0,12	5,60	5,67	0,12	510,00	0,78
	6,70			4,48			2,20			5,70				
	6,70			4,48			2,20			5,70				
126	6,80	6,83	0,12	4,44	4,44	0,01	1,90	1,90	0,00	4,80	4,73	0,12	505,00	0,79
	6,90			4,44			1,90			4,70				
	6,80			4,45			1,90			4,70				

Tabela A. 11 Resultados obtidos relativos à análise química das amostras de cerveja artesanal do estilo India Pale Ale, armazenadas a 4 °C, para a variável refermentação ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado

Tempo (Dias)	°Brix	Média	Erro	pH	Média	Erro	Oxigénio dissolvido (mg/L)	Média	Erro	Oxigénio dissolvido (%)	Média	Erro	Estabilidade da espuma (s)	Velocidade de degradação da espuma (mm/s)
0	7,40	7,40	0,00	4,44	4,45	0,01	0,50	0,53	0,12	1,10	1,17	0,23	180,00	2,22
	7,40			4,45			0,60			1,30				
	7,40			4,45			0,50			1,10				
21	7,20	7,20	0,00	4,40	4,40	0,01	0,30	0,37	0,12	0,70	0,77	0,12	230,00	1,74
	7,20			4,40			0,40			0,80				
	7,20			4,41			0,40			0,80				
42	7,30	7,30	0,00	4,44	4,44	0,00	3,30	3,03	0,47	7,00	6,33	1,17	210,00	1,90
	7,30			4,44			2,90			6,00				
	7,30			4,44			2,90			6,00				
63	7,40	7,33	0,12	4,42	4,44	0,06	4,00	4,10	0,20	8,70	8,80	0,20	220,00	1,82
	7,30			4,47			4,10			8,80				
	7,30			4,42			4,20			8,90				
84	7,40	7,37	0,12	4,57	4,57	0,01	4,20	4,20	0,00	8,70	8,70	0,00	116,00	3,45
	7,30			4,57			4,20			8,70				
	7,40			4,56			4,20			8,70				
105	7,30	7,33	0,12	4,42	4,42	0,01	4,80	4,80	0,00	10,90	10,83	0,12	90,00	4,44
	7,40			4,41			4,80			10,80				
	7,30			4,42			4,80			10,80				
126	7,30	7,33	0,12	4,42	4,42	0,00	1,20	1,23	0,12	2,70	2,73	0,12	60,00	6,67
	7,40			4,42			1,20			2,70				
	7,30			4,42			1,30			2,80				

Tabela A. 12 Resultados obtidos relativos à análise química das amostras de cerveja artesanal do estilo India Pale Ale, armazenadas a 37 °C, para a variável refermentação ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado

Tempo (Dias)	°Brix	Média	Erro	pH	Média	Erro	Oxigénio dissolvido (mg/L)	Média	Erro	Oxigénio dissolvido (%)	Média	Erro	Estabilidade da espuma (s)	Velocidade de degradação da espuma (mm/s)
0	7,00	7,07	0,12	4,45	4,45	0,01	0,50	0,53	0,12	1,10	1,17	0,23	200,00	2,00
	7,10			4,44			0,50			1,10				
	7,10			4,45			0,60			1,30				
21	7,00	6,97	0,12	4,33	4,33	0,01	0,40	0,40	0,00	0,90	0,87	0,12	330,00	1,21
	6,90			4,33			0,40			0,80				
	7,00			4,34			0,40			0,90				
42	6,90	6,90	0,00	4,33	4,33	0,00	3,20	3,07	0,23	7,70	7,50	0,35	320,00	1,25
	6,90			4,33			3,00			7,40				
	6,90			4,33			3,00			7,40				
63	7,00	6,97	0,12	4,46	4,46	0,01	6,40	6,50	0,20	16,40	16,53	0,23	250,00	1,60
	6,90			4,46			6,60			16,60				
	7,00			4,45			6,50			16,60				
84	6,90	6,90	0,00	4,53	4,52	0,01	6,50	6,47	0,12	16,60	16,60	0,00	215,00	1,86
	6,90			4,52			6,50			16,60				
	6,90			4,52			6,40			16,60				
105	6,80	6,87	0,12	4,44	4,44	0,00	4,30	4,23	0,12	11,20	11,07	0,23	110,00	3,64
	6,90			4,44			4,20			11,00				
	6,90			4,44			4,20			11,00				
126	6,90	6,90	0,00	4,43	4,44	0,01	1,80	1,80	0,00	4,40	4,40	0,00	85,00	4,71
	6,90			4,44			1,80			4,40				
	6,90			4,44			1,80			4,40				

Anexo B

Tabela B. 13 Resultados obtidos relativos à análise sensorial das amostras de cerveja artesanal do estilo Weiss, armazenadas a 4 °C para a variável pasteurização ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado

Tempo (Dias)	Aroma	Média	Erro	Aparência	Média	Erro	Sabor	Média	Erro	Sensações na boca	Média	Erro	Impressões gerais	Média	Erro	Cotação Global	Média	Erro
0	6,00	6,00	0,00	2,00	1,50	4,49	12,00	12,50	4,49	3,00	3,00	0,00	6,00	6,00	0,00	29,00	29,00	0,00
	6,00			1,00			13,00			3,00			6,00			29,00		
21	5,00	5,00	0,00	1,00	1,00	0,00	10,00	9,50	4,49	3,00	3,00	0,00	5,00	4,50	4,49	24,00	23,00	8,99
	5,00			1,00			9,00			3,00			4,00			22,00		
42	4,00	3,50	4,49	2,00	2,00	0,00	7,00	6,00	8,99	1,00	1,00	0,00	3,00	3,00	0,00	17,00	15,50	13,48
	3,00			2,00			5,00			1,00			3,00			14,00		
63	5,00	5,00	0,00	1,00	1,00	0,00	7,00	6,50	4,49	3,00	3,50	4,49	4,00	4,00	0,00	20,00	20,00	0,00
	5,00			1,00			6,00			4,00			4,00			20,00		
84	4,00	3,50	4,49	2,00	2,00	0,00	8,00	7,50	4,49	3,00	3,50	4,49	3,00	3,50	4,49	20,00	20,00	0,00
	3,00			2,00			7,00			4,00			4,00			20,00		
105	5,00	4,50	4,49	2,00	2,00	0,00	6,00	5,50	4,49	3,00	3,00	0,00	4,00	3,50	4,49	20,00	18,50	13,48
	4,00			2,00			5,00			3,00			3,00			17,00		
126	8,00	7,00	8,99	2,00	2,00	0,00	12,00	11,50	4,49	4,00	4,00	0,00	6,00	5,50	4,49	32,00	30,00	17,97
	6,00			2,00			11,00			4,00			5,00			28,00		

Estratégias para Melhorar a Qualidade da Cerveja Artesanal – Análise de Pontos Críticos

Tabela B. 14 Resultados obtidos relativos à análise sensorial das amostras de cerveja artesanal do estilo Weiss, armazenadas a 37 °C para a variável pasteurização ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado

Tempo (Dias)	Aroma	Média	Erro	Aparência	Média	Erro	Sabor	Média	Erro	Sensações na boca	Média	Erro	Impressões gerais	Média	Erro	Cotação Global	Média	Erro
0	6,00	6,00	0,00	1,00	1,00	0,00	12,00	12,50	4,49	3,00	3,00	0,00	5,00	5,50	4,49	27,00	28,00	8,99
	6,00			1,00			13,00			3,00			6,00			29,00		
21	6,00	6,00	0,00	2,00	2,00	0,00	9,00	10,00	8,99	2,00	2,00	0,00	5,00	5,00	0,00	24,00	25,00	8,99
	6,00			2,00			11,00			2,00			5,00			26,00		
42	5,00	5,00	0,00	1,00	1,00	0,00	9,00	8,50	4,49	2,00	1,50	4,49	4,00	4,00	0,00	21,00	20,00	8,99
	5,00			1,00			8,00			1,00			4,00			19,00		
63	4,00	4,00	0,00	1,00	1,00	0,00	7,00	6,00	8,99	2,00	2,50	4,49	3,00	3,00	0,00	17,00	16,50	4,49
	4,00			1,00			5,00			3,00			3,00			16,00		
84	3,00	3,00	0,00	2,00	2,00	0,00	4,00	4,50	4,49	3,00	3,00	0,00	2,00	2,50	4,49	14,00	15,00	8,99
	3,00			2,00			5,00			3,00			3,00			16,00		
105	3,00	2,50	4,49	2,00	2,00	0,00	3,00	3,00	0,00	3,00	3,00	0,00	2,00	2,00	0,00	13,00	12,50	4,49
	2,00			2,00			3,00			3,00			2,00			12,00		
126	3,00	3,50	4,49	1,00	1,00	0,00	5,00	5,00	0,00	3,00	3,50	4,49	3,00	3,00	0,00	15,00	16,00	8,99
	4,00			1,00			5,00			4,00			3,00			17,00		

Estratégias para Melhorar a Qualidade da Cerveja Artesanal – Análise de Pontos Críticos

Tabela B. 15 Resultados obtidos relativos à análise sensorial das amostras de cerveja artesanal do estilo Weiss, armazenadas a 4 °C para a variável dupla pré-evacuação ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado

Tempo (Dias)	Aroma	Média	Erro	Aparência	Média	Erro	Sabor	Média	Erro	Sensações na boca	Média	Erro	Impressões gerais	Média	Erro	Cotação Global	Média	Erro
0	5,00	5,00	0,00	1,00	1,00	0,00	10,00	9,50	4,49	3,00	3,00	0,00	5,00	5,00	0,00	24,00	23,50	4,49
	5,00			1,00			9,00			3,00			5,00			23,00		
21	7,00	6,00	8,99	2,00	2,00	0,00	12,00	11,00	8,99	3,00	2,50	4,49	6,00	5,50	4,49	30,00	27,50	22,47
	5,00			2,00			10,00			2,00			5,00			25,00		
42	4,00	4,50	4,49	1,00	1,50	4,49	8,00	8,00	0,00	1,00	1,00	0,00	3,00	3,50	4,49	18,00	19,00	8,99
	5,00			2,00			8,00			1,00			4,00			20,00		
63	5,00	4,50	4,49	1,00	1,00	0,00	7,00	7,00	0,00	2,00	2,50	4,49	4,00	4,50	4,49	19,00	19,50	4,49
	4,00			1,00			7,00			3,00			5,00			20,00		
84	6,00	5,50	4,49	2,00	2,00	0,00	10,00	9,50	4,49	3,00	3,50	4,49	5,00	5,00	0,00	26,00	25,50	4,49
	5,00			2,00			9,00			4,00			5,00			25,00		
105	5,00	4,50	4,49	2,00	2,00	0,00	8,00	7,50	4,49	3,00	3,00	0,00	4,00	4,00	0,00	22,00	21,00	8,99
	4,00			2,00			7,00			3,00			4,00			20,00		
126	6,00	6,00	0,00	2,00	2,00	0,00	11,00	11,50	4,49	4,00	4,00	0,00	5,00	5,00	0,00	28,00	28,50	4,49
	6,00			2,00			12,00			4,00			5,00			29,00		

Estratégias para Melhorar a Qualidade da Cerveja Artesanal – Análise de Pontos Críticos

Tabela B. 16 Resultados obtidos relativos à análise sensorial das amostras de cerveja artesanal do estilo Weiss, armazenadas a 37 °C ,para a variável dupla pré-evacuação ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado

Tempo (Dias)	Aroma	Média	Erro	Aparência	Média	Erro	Sabor	Média	Erro	Sensações na boca	Média	Erro	Impressões gerais	Média	Erro	Cotação Global	Média	Erro
0	5,00	5,00	0,00	1,00	1,00	0,00	11,00	11,50	4,49	3,00	3,00	0,00	5,00	5,00	0,00	25,00	25,50	4,49
	5,00			1,00			12,00			3,00			5,00			26,00		
21	4,00	4,00	0,00	1,00	1,00	0,00	6,00	6,50	4,49	2,00	2,50	4,49	3,00	3,50	4,49	16,00	17,50	13,48
	4,00			1,00			7,00			3,00			4,00			19,00		
42	4,00	4,00	0,00	2,00	2,00	0,00	8,00	7,00	4,49	2,00	2,00	0,00	4,00	3,50	4,49	20,00	19,00	8,99
	4,00			2,00			7,00			2,00			3,00			18,00		
63	4,00	4,00	0,00	1,00	1,00	0,00	6,00	6,00	0,00	2,00	2,50	4,49	3,00	3,00	0,00	16,00	16,50	4,49
	4,00			1,00			6,00			3,00			3,00			17,00		
84	3,00	3,50	4,49	2,00	2,00	0,00	5,00	5,00	0,00	2,00	2,50	4,49	2,00	2,50	4,49	14,00	15,50	13,48
	4,00			2,00			5,00			3,00			3,00			17,00		
105	4,00	4,00	0,00	1,00	1,00	0,00	3,00	3,50	4,49	3,00	3,00	0,00	3,00	3,00	0,00	14,00	14,50	4,49
	4,00			1,00			4,00			3,00			3,00			15,00		
126	3,00	3,50	4,49	1,00	1,00	0,00	5,00	4,50	4,49	2,00	2,50	4,49	3,00	3,00	0,00	14,00	14,50	4,49
	4,00			1,00			4,00			3,00			3,00			15,00		

Estratégias para Melhorar a Qualidade da Cerveja Artesanal – Análise de Pontos Críticos

Tabela B. 17 Resultados obtidos relativos à análise sensorial das amostras de cerveja artesanal do estilo India Pale Ale, armazenadas a 4 °C, para a variável pasteurização ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado

Tempo (Dias)	Aroma	Média	Erro	Aparência	Média	Erro	Sabor	Média	Erro	Sensações na boca	Média	Erro	Impressões gerais	Média	Erro	Cotação Global	Média	Erro
0	8,00	7,50	4,49	2,00	2,00	0,00	14,00	13,50	4,49	4,00	4,50	4,49	6,00	6,50	4,49	34,00	34,00	0,00
	7,00			2,00			13,00			5,00			7,00			34,00		
21	7,00	7,00	0,00	3,00	2,50	4,49	13,00	13,50	4,49	4,00	3,50	4,49	7,00	6,50	4,49	34,00	33,00	8,99
	7,00			2,00			14,00			3,00			6,00			32,00		
42	7,00	7,00	0,00	2,00	2,50	4,49	12,00	12,00	0,00	4,00	4,00	0,00	6,00	6,00	0,00	31,00	31,50	4,49
	7,00			3,00			12,00			4,00			6,00			32,00		
63	5,00	5,50	4,49	2,00	2,00	0,00	9,00	9,50	4,49	4,00	4,00	0,00	5,00	5,00	0,00	25,00	26,00	8,99
	6,00			2,00			10,00			4,00			5,00			27,00		
84	6,00	6,00	0,00	2,00	2,50	4,49	10,00	10,00	0,00	4,00	4,00	0,00	5,00	5,00	0,00	27,00	27,50	4,49
	6,00			3,00			10,00			4,00			5,00			28,00		
105	7,00	7,00	0,00	2,00	2,50	4,49	11,00	11,50	4,49	4,00	4,00	0,00	6,00	6,00	0,00	30,00	31,00	8,99
	7,00			3,00			12,00			4,00			6,00			32,00		
126	7,00	7,00	0,00	2,00	2,50	4,49	12,00	12,50	4,49	5,00	4,50	4,49	6,00	6,00	0,00	32,00	32,50	4,49
	7,00			3,00			13,00			4,00			6,00			33,00		

Estratégias para Melhorar a Qualidade da Cerveja Artesanal – Análise de Pontos Críticos

Tabela B. 18 Resultados obtidos relativos à análise sensorial das amostras de cerveja artesanal do estilo India Pale Ale, armazenadas a 37 °C ,para a variável pasteurização ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado

Tempo (Dias)	Aroma	Média	Erro	Aparência	Média	Erro	Sabor	Média	Erro	Sensações na boca	Média	Erro	Impressões gerais	Média	Erro	Cotação Global	Média	Erro
0	7,00	6,50	4,49	2,00	2,00	0,00	13,00	13,00	0,00	3,00	3,00	0,00	6,00	6,00	0,00	31,00	30,50	4,49
	6,00			2,00			13,00			3,00			6,00			30,00		
21	5,00	5,00	0,00	2,00	2,00	0,00	8,00	8,50	4,49	4,00	4,00	0,00	4,00	4,00	0,00	23,00	23,50	4,49
	5,00			2,00			9,00			4,00			4,00			24,00		
42	3,00	3,50	4,49	2,00	2,00	0,00	5,00	5,00	0,00	3,00	3,50	4,49	3,00	3,50	4,49	16,00	17,50	13,48
	4,00			2,00			5,00			4,00			4,00			19,00		
63	4,00	4,00	0,00	1,00	1,50	4,49	7,00	7,00	0,00	3,00	3,50	4,49	4,00	4,00	0,00	19,00	20,00	8,99
	4,00			2,00			7,00			4,00			4,00			21,00		
84	5,00	5,00	0,00	2,00	2,50	4,49	9,00	9,00	0,00	4,00	4,00	0,00	4,00	4,00	0,00	24,00	24,50	4,49
	5,00			3,00			9,00			4,00			4,00			25,00		
105	5,00	4,50	4,49	2,00	2,50	4,49	9,00	7,50	13,48	4,00	4,00	0,00	4,00	4,00	0,00	24,00	22,50	13,48
	4,00			3,00			6,00			4,00			4,00			21,00		
126	4,00	4,00	0,00	2,00	2,50	4,49	7,00	6,00	8,99	3,00	3,50	4,49	4,00	4,00	0,00	20,00	20,00	0,00
	4,00			3,00			5,00			4,00			4,00			20,00		

Estratégias para Melhorar a Qualidade da Cerveja Artesanal – Análise de Pontos Críticos

Tabela B. 19 Resultados obtidos relativos à análise sensorial das amostras de cerveja artesanal do estilo India Pale Ale, armazenadas a 4 °C, para a variável dupla pré-evacuação ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado

Tempo (Dias)	Aroma	Média	Erro	Aparência	Média	Erro	Sabor	Média	Erro	Sensações na boca	Média	Erro	Impressões gerais	Média	Erro	Cotação Global	Média	Erro
0	9,00	8,50	4,49	2,00	2,00	0,00	15,00	15,00	0,00	4,00	4,50	4,49	8,00	7,50	4,49	38,00	37,50	4,49
	8,00			2,00			15,00			5,00			7,00			37,00		
21	8,00	8,00	0,00	2,00	2,00	0,00	14,00	14,00	0,00	5,00	5,00	0,00	6,00	6,50	4,49	35,00	35,50	4,49
	8,00			2,00			14,00			5,00			7,00			36,00		
42	6,00	6,00	0,00	2,00	2,50	4,49	11,00	10,50	4,49	4,00	4,00	0,00	5,00	5,00	0,00	28,00	28,00	0,00
	6,00			3,00			10,00			4,00			5,00			28,00		
63	7,00	7,00	0,00	3,00	3,00	0,00	11,00	11,50	4,49	4,00	4,50	4,49	5,00	5,50	4,49	30,00	31,50	13,48
	7,00			3,00			12,00			5,00			6,00			33,00		
84	6,00	7,00	8,99	3,00	3,00	0,00	11,00	11,50	4,49	4,00	4,00	0,00	5,00	5,50	4,49	29,00	31,00	17,97
	8,00			3,00			12,00			4,00			6,00			33,00		
105	6,00	6,00	0,00	2,00	2,50	4,49	10,00	11,50	8,99	4,00	4,00	0,00	6,00	6,00	0,00	28,00	29,50	13,48
	6,00			3,00			12,00			4,00			6,00			31,00		
126	6,00	7,00	8,99	2,00	2,50	4,49	10,00	11,50	13,48	5,00	4,50	4,49	5,00	6,00	8,99	28,00	31,50	31,46
	8,00			3,00			13,00			4,00			7,00			35,00		

Estratégias para Melhorar a Qualidade da Cerveja Artesanal – Análise de Pontos Críticos

Tabela B. 20 Resultados obtidos relativos à análise sensorial das amostras de cerveja artesanal do estilo India Pale Ale, armazenadas a 37 °C, para a variável dupla pré-evacuação ao longo do tempo, bem como a respetiva média e erro associado

Tempo (Dias)	Aroma	Média	Erro	Aparência	Média	Erro	Sabor	Média	Erro	Sensações na boca	Média	Erro	Impressões gerais	Média	Erro	Cotação Global	Média	Erro
0	8,00	8,00	0,00	3,00	3,00	0,00	14,00	14,00	0,00	5,00	5,00	0,00	7,00	7,50	4,49	37,00	38,00	8,99
	8,00			3,00			14,00			5,00			8,00			39,00		
21	4,00	4,00	0,00	3,00	2,50	4,49	7,00	8,00	8,99	5,00	4,50	4,49	4,00	4,00	0,00	23,00	23,00	0,00
	4,00			2,00			9,00			4,00			4,00			23,00		
42	2,00	2,50	4,49	2,00	2,00	0,00	6,00	5,50	4,49	3,00	3,00	0,00	2,00	3,00	8,99	15,00	16,00	8,99
	3,00			2,00			5,00			3,00			4,00			17,00		
63	5,00	5,00	0,00	1,00	1,50	4,49	8,00	7,50	4,49	3,00	3,50	4,49	4,00	4,50	4,49	21,00	22,00	8,99
	5,00			2,00			7,00			4,00			5,00			23,00		
84	4,00	4,50	4,49	2,00	2,50	4,49	9,00	8,50	4,49	4,00	4,00	0,00	4,00	4,00	0,00	23,00	23,50	4,49
	5,00			3,00			8,00			4,00			4,00			24,00		
105	5,00	5,00	0,00	2,00	2,00	0,00	9,00	7,00	17,97	4,00	3,50	4,49	5,00	5,00	0,00	25,00	22,50	22,47
	5,00			2,00			5,00			3,00			5,00			20,00		
126	5,00	4,50	4,49	2,00	2,00	0,00	9,00	7,00	17,97	3,00	3,50	4,49	4,00	4,50	4,49	23,00	21,50	13,48
	4,00			2,00			5,00			4,00			5,00			20,00		

Tabela B. 21 Representação da variação dos valores médios e consequente valor normalizado dos parâmetros sensoriais, referente à cerveja artesanal do estilo Weiss armazenada a 4 °C, para as duas variáveis em estudo ao longo do tempo de experiência

Variável	Tempo (dias)	Parâmetro	Resultados	Valor normalizado
Pasteurização	0	Aroma	6,00	2,50
		Aparência	1,50	2,50
		Sabor	12,50	3,13
		Sensações na boca	3,00	3,00
		Impressões gerais	6,00	3,00
		Cotação Global	29,00	2,90
Dupla pré-evacuação		Aroma	5,00	2,08
		Aparência	1,00	1,67
		Sabor	9,50	2,38
		Sensações na boca	3,00	3,00
		Impressões gerais	5,00	2,50
		Cotação Global	23,50	2,35
Variável	Tempo (dias)	Parâmetro	Resultados	Valores normalizados
Pasteurização	126	Aroma	7,00	2,92
		Aparência	2,00	3,33
		Sabor	12,00	3,00
		Sensações na boca	4,00	4,00
		Impressões gerais	6,00	3,00
		Cotação Global	32,00	3,20
Dupla pré-evacuação		Aroma	6,00	2,50
		Aparência	2,00	3,33
		Sabor	11,50	2,88
		Sensações na boca	4,00	4,00
		Impressões gerais	5,00	2,50
		Cotação Global	28,50	2,85

Tabela B. 22 Representação da variação dos valores médios e consequente valor normalizado dos parâmetros sensoriais, referente à cerveja artesanal do estilo Weiss armazenada a 37 °C, para as duas variáveis em estudo ao longo do tempo de experiência

Variável	Tempo (dias)	Parâmetro	Resultados	Valor normalizado
Pasteurização	0	Aroma	6,00	2,50
		Aparência	1,00	1,67
		Sabor	12,50	3,13
		Sensações na boca	3,00	3,00
		Impressões gerais	5,50	2,75
		Cotação Global	28,00	2,80
Dupla pré-evacuação		Aroma	5,00	2,08
		Aparência	1,00	1,67
		Sabor	11,50	2,88
		Sensações na boca	3,00	3,00
		Impressões gerais	5,00	2,50
		Cotação Global	25,50	2,55
Variável	Tempo (dias)	Parâmetro	Resultados	Valores normalizados
Pasteurização	126	Aroma	3,50	1,46
		Aparência	1,00	1,67
		Sabor	5,00	1,25
		Sensações na boca	3,00	3,00
		Impressões gerais	3,00	1,50
		Cotação Global	15,00	1,50
Dupla pré-evacuação		Aroma	3,50	1,46
		Aparência	1,00	1,67
		Sabor	4,50	1,13
		Sensações na boca	2,50	2,50
		Impressões gerais	3,00	1,50
		Cotação Global	14,50	1,45

Tabela B. 23 Representação da variação dos valores médios e consequente valor normalizado dos parâmetros sensoriais, referente à cerveja artesanal do estilo India Pale Ale armazenada a 4°C, para as duas variáveis em estudo ao longo do tempo de experiência

Variável	Tempo (dias)	Parâmetro	Resultados	Valor normalizado
Pasteurização	0	Aroma	7,50	3,13
		Aparência	2,00	3,33
		Sabor	13,50	3,38
		Sensações na boca	4,50	4,50
		Impressões gerais	6,50	3,25
		Cotação Global	34,00	3,40
Dupla pré-evacuação		Aroma	8,50	3,54
		Aparência	2,00	3,33
		Sabor	15,00	3,75
		Sensações na boca	4,50	4,50
		Impressões gerais	7,50	3,75
		Cotação Global	37,50	3,75
Variável	Tempo (dias)	Parâmetro	Resultados	Valores normalizados
Pasteurização	126	Aroma	7,00	2,92
		Aparência	2,50	4,17
		Sabor	12,50	3,13
		Sensações na boca	4,50	4,50
		Impressões gerais	6,00	3,00
		Cotação Global	32,50	3,25
Dupla pré-evacuação		Aroma	7,00	2,92
		Aparência	2,50	4,17
		Sabor	11,50	2,88
		Sensações na boca	4,50	4,50
		Impressões gerais	6,00	3,00
		Cotação Global	31,50	3,15

Tabela B. 24 Representação da variação dos valores médios e consequente valor normalizado dos parâmetros sensoriais, referente à cerveja artesanal do estilo India Pale Ale armazenada a 37 °C, para as duas variáveis em estudo ao longo do tempo de experiência

Variável	Tempo (dias)	Parâmetro	Resultados	Valor normalizado
Pasteurização	0	Aroma	6,50	2,71
		Aparência	2,00	3,33
		Sabor	13,00	3,25
		Sensações na boca	3,00	3,00
		Impressões gerais	6,00	3,00
		Cotação Global	30,50	3,05
Dupla pré-evacuação		Aroma	8,00	3,33
		Aparência	3,00	5,00
		Sabor	14,00	3,50
		Sensações na boca	5,00	5,00
		Impressões gerais	7,50	3,75
		Cotação Global	38,00	3,80
Variável	Tempo (dias)	Parâmetro	Resultados	Valores normalizados
Pasteurização	126	Aroma	4,00	1,67
		Aparência	2,50	4,17
		Sabor	6,00	1,50
		Sensações na boca	3,50	3,50
		Impressões gerais	4,00	2,00
		Cotação Global	20,00	2,00
Dupla pré-evacuação		Aroma	4,50	1,88
		Aparência	2,00	3,33
		Sabor	7,00	1,75
		Sensações na boca	3,50	3,50
		Impressões gerais	4,50	2,25
		Cotação Global	21,50	2,15